

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 303**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 6/00</b>	(2006.01) <b>F28D 21/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/26</b>	(2006.01) <b>F28F 21/08</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01) <b>B23K 1/19</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01) <b>C21D 9/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01) <b>C22C 38/30</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/20</b>	(2006.01) <b>C22C 38/32</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/22</b>	(2006.01) <b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/24</b>	(2006.01) <b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/28</b>	(2006.01) <b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C23G 1/08</b>	(2006.01) <b>C22C 38/60</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2014 PCT/JP2014/058112**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14157104**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2014 E 14773798 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 2980274**

54 Título: **Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente soldabilidad, intercambiador de calor, chapa de acero inoxidable ferrítico para intercambiadores de calor, acero inoxidable ferrítico, acero inoxidable ferrítico para elementos de sistemas de suministro de combustible y elemento del sistema de suministro de combustible**

30 Prioridad:

**29.03.2013 JP 2013071740  
17.07.2013 JP 2013148951**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.09.2020**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)  
8-2, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku  
Tokyo 100-0005, JP**

72 Inventor/es:

**HIRAIDE, NOBUHIKO;  
MATSUHASHI, TOORU;  
MORIHIRO, NORIYO y  
ONO, NAOTO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 784 303 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente soldabilidad, intercambiador de calor, chapa de acero inoxidable ferrítico para intercambiadores de calor, acero inoxidable ferrítico, acero inoxidable ferrítico para elementos de sistemas de suministro de combustible y elemento del sistema de suministro de combustible

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico utilizada como material para elementos ensamblados por soldadura fuerte, y a un intercambiador de calor y una pieza del sistema de suministro de combustible que los utiliza.

**Antecedentes de la técnica**

10 En los últimos años, en el campo de la automoción, debido a la creciente conciencia de los problemas ambientales, los reglamentos sobre los gases de escape se han vuelto más estrictos y se han tomado contramedidas para suprimir el escape de gases de dióxido de carbono. Además de las contramedidas en combustibles como el bioetanol o el combustible biodiesel, las contramedidas, como una mayor reducción de peso o la instalación de dispositivos de tratamiento de gases de escape como una recirculación de gases de escape (EGR por sus siglas en inglés), un filtro de partículas diésel (DPF por sus siglas en inglés) y un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR por sus siglas en inglés) de urea, han sido aplicados. Adicionalmente, para mejorar la eficiencia del combustible, también se ha montado un dispositivo de recuperación de calor de escape que recupera térmicamente el calor de escape.

15 En el enfriador de EGR, el gas de escape de un motor se enfría usando agua de enfriamiento del motor y luego el gas de escape se devuelve al lado de admisión y se vuelve a quemar. Por tanto, la temperatura de combustión se reduce y una cantidad de NO<sub>x</sub> que es un gas venenoso se reduce. Además, el dispositivo de recuperación de calor de escape es un sistema donde el gas de escape calienta el agua de enfriamiento del motor y el agua de enfriamiento del motor calentada se usa para un calentador o para el calentamiento de un motor, y también se denomina sistema de recirculación de calor de escape. Por consiguiente, el dispositivo de recuperación de calor de escape acorta el tiempo desde el arranque en frío hasta la parada del motor en vehículos híbridos, y contribuye a mejorar la eficiencia del combustible, especialmente en el invierno.

20 Adicionalmente, en el campo de los calentadores de agua (suministros de agua caliente), con la difusión de dispositivos ecológicos, los intercambiadores de calor se han aplicado ampliamente. En un suministro de agua caliente por gas, se ha generalizado un suministro de agua caliente de tipo de recuperación de calor latente que incluye además un intercambiador de calor secundario de acero inoxidable para recuperar el calor latente de un gas de escape de alta temperatura de aproximadamente 150 °C a 200 °C que se agotó sin recuperarse en el suministro de agua caliente por gas de la técnica relacionada. Adicionalmente, un suministro de agua caliente por electricidad de la técnica relacionada incluía un calentador. Sin embargo, el suministro de agua caliente por electricidad se ha cambiado a un suministro de agua caliente de tipo de bomba de calor con refrigerante de CO<sub>2</sub>, que se conoce comúnmente como EcoCute (marca registrada), capaz de reducir la energía eléctrica a 1/3 o menos y en el suministro de agua caliente de tipo de bomba de calor con refrigerante de CO<sub>2</sub>, también se utiliza un intercambiador de calor.

25 Se requiere que dicho intercambiador de calor tenga una buena conductividad térmica para obtener una buena eficiencia térmica. Además, dado que el intercambiador de calor está en contacto con los gases de escape, se requiere que el intercambiador de calor tenga una excelente resistencia a la corrosión al agua condensada de los gases de escape. En el caso de piezas de automóviles, se requiere que un enfriador de EGR o un dispositivo de recuperación de calor de escape que tiene la posibilidad de que la corrosión pueda causar un accidente grave, como la fuga de agua de enfriamiento, tenga una mayor seguridad y una excelente resistencia a la corrosión. Además, dado que la estructura de una sección de intercambio de calor es complicada, la sección de intercambio de calor se ensambla no solo por soldadura sino también por soldadura fuerte. Se requiere que el material para la sección de intercambio de calor ensamblado por soldadura fuerte tenga buena soldabilidad.

30 Como el material utilizado para un intercambiador de calor, generalmente, se utiliza acero inoxidable austenítico como SUS304 y SUS316L. Sin embargo, desde el punto de vista de la conductividad térmica, la resistencia a la corrosión intergranular y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, el acero inoxidable ferrítico ha llamado la atención.

35 En el Documento de patente 1, se describe un acero inoxidable ferrítico que incluye C: 0,01 % o menos, Cr: 10,5 % al 13,5 %, N: 0,05 % o menos, y al menos uno de Ti, Nb y Ta y se suelda fácilmente con un material de aporte de la soldadura fuerte. En esta ocasión, la humectabilidad se ve afectada por la cantidad de Ti y, por lo tanto, la cantidad de Ti está limitada al 0,12 % o menos. Desde el punto de vista de la soldadura fuerte, es deseable no agregar Ti.

40 En el Documento de patente 2, se describe un acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente soldabilidad que incluye C: 0,03 % o menos, Si: 0,02 % al 1,5 %, Mn: 0,02 % a 2 %, Cr: 10 % a 22 %, Nb: 0,03 % a 1 %, Al: 0,5 % o menos, y N: 0,05 % o menos. En el Documento de patente 2, la soldabilidad se asegura limitando las cantidades de Ti y Al en función de la expresión relacional de Ti, N y Al.

En el Documento de patente 3, se describe un acero inoxidable ferrítico para soldadura fuerte que incluye C: 0,03 % o menos, Si: más del 0,1 % al 1 % o menos, Mn: 2 % o menos, P: 0,05 % o menos, S: 0,03 % o menos, Cr: 16 % al 25 %, Nb: 0,15 % al 0,8 %, Ti: 0,03 % o menos, Al: 0,03 % o menos, y N: 0,03 % o menos. En el Documento de patente 3, particularmente, la soldabilidad en una atmósfera de hidrógeno se garantiza limitando más estrictamente la cantidad de Al añadida además de Ti.

Dado que se requiere un intercambiador de calor provisto en un enfriador de EGR o un dispositivo de recuperación de calor de escape para tener una excelente resistencia a la corrosión, generalmente, se aplica un acero inoxidable ferrítico que tiene una gran cantidad de Cr. El acero inoxidable exhibe resistencia a la corrosión al formar una película de pasivación que es rica en Cr en la superficie. A medida que aumenta la cantidad de Cr en el material, se forma una película que tiene un mayor grado de protección. Por otro lado, se requiere reducir y eliminar temporalmente la película de pasivación en el momento de la soldadura fuerte. Sin embargo, en la técnica relacionada, no se han tenido en cuenta las propiedades de reducción de una película de pasivación, que está formada de acero inoxidable, particularmente, acero inoxidable con un alto contenido de Cr.

Además, para hacer frente a los reglamentos sobre gases de escape y los reglamentos sobre eficiencia de combustible, que se han vuelto más estrictos cada año, se han tomado medidas para hacer frente a los reglamentos incluso en el campo de la automoción. Como ejemplo, se puede mencionar la inyección directa del motor. Cuando se logra la inyección directa del motor, es posible reducir el consumo de combustible y mejorar la producción al mismo tiempo. También, los gases de escape pueden reducirse. Además, debido a la alta compatibilidad del motor de inyección directa con un sobrealimentador, incluso cuando la inyección directa del motor se combina con un motor reducido, se puede mantener el rendimiento de potencia.

En el motor de inyección directa, el combustible descargado de un tanque de combustible es presurizado por una bomba y suministrado al motor a través de una tubería de suministro o similar. Dado que el combustible presurizado se inyecta intermitentemente en el motor, la presión del combustible se cambia fácilmente. Por lo tanto, se requiere una pieza de ajuste de presión en algunos casos. Dado que una pieza del sistema de suministro de combustible, tal como una pieza de ajuste de presión, está dispuesta cerca del motor, la temperatura de la pieza aumenta fácilmente. Por lo tanto, se requiere que el material utilizado para la pieza del sistema de suministro de combustible tenga fuerza. Para asegurar la fuerza, se considera que aumenta el grosor del material. Sin embargo, cuando se aumenta el grosor del material, el peso del material también aumenta, lo que conduce a un aumento en el consumo de combustible.

Por otro lado, desde el punto de vista de la supresión del escape de gas de dióxido de carbono, los biocombustibles como el bioetanol y el combustible biodiésel se han utilizado ampliamente. Por ejemplo, el bioetanol que se incluye en el biocombustible es un factor que hace que el aluminio se corroa. Por consiguiente, se requiere que el material utilizado para la pieza del sistema de suministro de combustible tenga buena resistencia a la corrosión al biocombustible. Desde el punto de vista de la fuerza y la resistencia a la corrosión descritas anteriormente, el acero inoxidable ha llamado la atención como material para la pieza del sistema de suministro de combustible.

Además, la mayoría de las piezas del sistema de suministro de combustible, como una tubería de suministro y similares, tienen estructuras complicadas. Por lo tanto, los elementos se ensamblan mediante soldadura fuerte en muchos casos. Por consiguiente, se requiere que el material utilizado para la pieza del sistema de suministro de combustible tenga no solo una buena fuerza y resistencia a la corrosión, sino también una buena soldabilidad.

En el Documento de patente 4, se describe un aparato de suministro de combustible que es capaz de amortiguar la pulsación de presión de combustible en una tubería de suministro desde el tiempo de operación de baja presión de combustible hasta el tiempo de operación de alta presión de combustible. En el Documento de patente 4, se revela que el acero inoxidable se puede utilizar para un tubo de amortiguación de pulsaciones. Sin embargo, no se describen los detalles del material de acero inoxidable utilizado.

En el Documento de patente 5, se describe una tubería de suministro de combustible a alta presión para un motor de inyección directa que es capaz de evitar una fuga de combustible a alta presión desde una superficie de unión entre un soporte de montaje y una tubería del cuerpo y mejorar la fuerza de unión del soporte de montaje. Se describe que esta tubería de suministro se produce mediante soldadura fuerte de acero inoxidable. Sin embargo, en el Documento de patente 5, no se describen los detalles del acero inoxidable utilizado.

En el Documento de patente 6, se describe una chapa de acero inoxidable ferrítico que contiene, % en masa, C:  $\leq 0,01$  %, Si:  $\leq 1,0$  %, Mn:  $\leq 1,5$  %, P:  $\leq 0,06$  %, S:  $\leq 0,03$  %, Cr: 11 % al 23 %, Ni:  $\leq 2,0$  %, Mo: 0,5 % al 3,0 %, Al:  $\leq 1,0$  % y N:  $\leq 0,04$  % para satisfacer una expresión relacional de  $Cr + 3,3 Mo \geq 18$ , y además contiene uno o ambos de Nb:  $\leq 0,8$  % y Ti:  $\leq 1,0$  % para satisfacer una expresión relacional de  $18 \leq Nb/(C + N) + 2Ti/(C + N) \leq 60$ , en la que el número de granos de ferrita es de 6,0 o más y el valor de r promedio es de 2,0 o más.

En el Documento de patente 7, se describe una chapa de acero inoxidable ferrítico que contiene, % en masa, C:  $\leq 0,01$  %, Si:  $\leq 1,0$  %, Mn:  $\leq 1,5$  %, P:  $\leq 0,06$  %, S:  $\leq 0,03$  %, Al:  $\leq 1,0$  %, Cr: 11 % al 20 %, Ni:  $\leq 2,0$  %, Mo: 0,5 % al 3,0 %, V: 0,02 % al 1,0 %, y N:  $\leq 0,04$  %, y además contiene uno o ambos de Nb: 0,01 % al 0,8 % y Ti: 0,01 % al 1,0 %, en la que la altura de una ondulación generada en la superficie de la chapa de acero es de 50  $\mu$ m o menos cuando la chapa de acero se somete a una tensión uniaxial y se deforma en un 25 %. Las tecnologías en los Documentos de

patente 6 y 7 tratan con la resistencia a la corrosión a la gasolina típica y no hay una descripción de la resistencia a la corrosión al biocombustible.

5 Se requiere que un material usado para una pieza del sistema de suministro de combustible de automóvil, particularmente, una pieza del sistema de suministro de combustible del motor de inyección directa tenga principalmente fuerza, resistencia a la corrosión y soldabilidad. El acero inoxidable exhibe resistencia a la corrosión al formar una película de pasivación que es rica en Cr en la superficie y a medida que aumenta el contenido de Cr en el material, se forma una película que tiene un mayor grado de protección. Por tanto, se exhibe una excelente resistencia a la corrosión. Por otro lado, en el momento de la soldadura fuerte de acero inoxidable, se requiere reducir y eliminar temporalmente esta película de pasivación. Sin embargo, en la técnica relacionada, no se han tenido en cuenta las propiedades de reducción de una película de pasivación, que está formada de acero inoxidable, particularmente, acero inoxidable con un alto contenido de Cr. En el acero inoxidable que tiene un alto contenido de Cr, la resistencia a la reducción de la película de pasivación es alta. En la técnica relacionada, no se ha sugerido acero inoxidable que tenga buena resistencia a la corrosión y buena soldabilidad. JP 2.012214880 A se refiere a un acero inoxidable ferrítico para dispositivos de recuperación de calor de escape y un dispositivo de recuperación de calor de escape de un vehículo de motor y especialmente, una pieza de intercambio de calor ensamblada mediante soldadura fuerte.

10 El documento JP 2012214881 A se refiere al acero inoxidable ferrítico adecuado para componentes del sistema de suministro de combustible para vehículos de motor que suministra biocombustibles, tales como bioetanol y biodiésel, y componentes del sistema de suministro de biocombustibles. Está relacionado con un acero inoxidable ferrítico adecuado para los componentes del sistema de suministro de biocombustibles que están cerca del motor y probablemente alcanzan altas temperaturas, especialmente componentes del sistema de inyección de combustible.

20 El documento JP2000144462 A se refiere a un método de acabado de la superficie de una placa de acero inoxidable de alto contenido de Cr que contiene el 19 % en masa o más de Cr usando una sal alcalina fundida y una solución de decapado para mejorar la propiedad antirreflectante de la superficie.

#### **Documentos de la técnica anterior**

25 Documentos de patente

Documento de Patente 1: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º S57-60056

Documento de Patente 2: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2009-174046

Documento de Patente 3: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2011-157616

Documento de Patente 4: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2008-95575

30 Documento de Patente 5: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2011-144768

Documento de Patente 6: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2002-285300

Documento de Patente 7: solicitud de patente japonesa no examinada, Primera publicación n.º 2002-363712

#### **Descripción de la invención**

##### **Problemas que se han de resolver por la invención**

35 La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias anteriores de la técnica relacionada.

Un primer objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente soldabilidad que pueda usarse adecuadamente como material de un elemento, tal como un intercambiador de calor y similares, que se ensambla mediante soldadura fuerte.

40 Un segundo objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente soldabilidad que pueda usarse adecuadamente como material para un elemento, tal como una pieza del sistema de suministro de combustible y similares, que se ensambla mediante soldadura fuerte. Además, el segundo objeto de la presente invención es proporcionar un acero inoxidable ferrítico para elementos del sistema de suministro de combustible y una pieza del sistema de suministro de combustible que tiene buena resistencia a la corrosión y buena soldabilidad y que también tiene una fuerza excelente.

45 **Medios para resolver el problema**

Las características de los diferentes aspectos de la presente invención son como se definen en las reivindicaciones adjuntas.

##### **Efectos de la invención**

Tal como se ha descrito anteriormente, según el primer aspecto de la presente invención, es posible proporcionar una

chapa de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente soldabilidad fuerte utilizada adecuadamente como material para un elemento que se ensambla mediante soldadura fuerte. La chapa de acero inoxidable ferrítico según el primer aspecto se puede usar adecuadamente para piezas de automoción como un enfriador de EGR, un enfriador de aceite, un dispositivo de recuperación de calor de escape, una pieza del sistema de suministro de combustible, y similares.

5 Además, la chapa de acero inoxidable ferrítico según el primer aspecto se puede usar adecuadamente para un intercambiador de calor para un suministro de agua caliente, tal como un intercambiador de calor secundario de un suministro de agua caliente de tipo de recuperación de calor latente operado por gas y un intercambiador de calor de tipo placa de un EcoCute (marca registrada) operado por electricidad. Adicionalmente, la chapa de acero inoxidable ferrítico según el primer aspecto se puede usar adecuadamente para otros elementos de intercambiadores de calor de varias plantas y similares ensamblados por soldadura fuerte.

10 El acero inoxidable ferrítico, el acero inoxidable ferrítico para las piezas del sistema de suministro de combustible, y la pieza del sistema de suministro de combustible según el segundo aspecto de la presente invención tienen una excelente soldabilidad y excelente resistencia a la corrosión para biocombustibles y además tienen una excelente fuerza.

### 15 Realizaciones para llevar a cabo la invención

En lo sucesivo en el presente documento, se describirán con detalle las realizaciones de la presente invención.

(Primera realización)

20 Esta realización es una chapa de acero inoxidable ferrítico utilizada como material para un elemento que se somete a soldadura fuerte usando un metal de aporte de la soldadura fuerte de Ni o un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu.

25 La soldadura fuerte se realiza a una temperatura de 950 °C a 1.200 °C en atmósfera de vacío o atmósfera de hidrógeno. En ese momento, en algunos casos, se usa un gas argón, gas nitrógeno, o similar para el control o reemplazo de la atmósfera en combinación con la misma. En la soldadura fuerte, los materiales base (materiales) se sueldan mediante el metal de aporte de la soldadura fuerte y los espacios libres se rellenan con el metal de aporte de la soldadura fuerte para unir los materiales base. Cuando una película de óxido está presente en la superficie del material base, el material base no se suelda fácilmente y, por lo tanto, se inhibe la soldabilidad.

30 En la superficie de la chapa de acero inoxidable, se forma una película de óxido (Fe, Cr) que es rica en Cr y, por lo tanto, se exhibe una excelente resistencia a la corrosión. Para garantizar la humectabilidad, es necesario que se retire esta película. Para reducir la película, la soldadura fuerte se realiza bajo la condición de un alto grado de vacío o un bajo punto de rocío. Específicamente, la soldadura fuerte de la chapa de acero inoxidable se realiza bajo la condición de un mayor grado de vacío o un punto de rocío más bajo que aquel en el que Cr y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> están en equilibrio a una temperatura de soldadura fuerte. Cuando la chapa de acero inoxidable se somete a la soldadura fuerte, normalmente, el acero inoxidable se mantiene a la temperatura de soldadura fuerte durante aproximadamente 10 minutos a 30 minutos. La soldabilidad se ve considerablemente afectada por la forma en que la película formada en la superficie de la chapa de acero inoxidable se reduce dentro del período de tiempo limitado.

35 Considerando de las circunstancias, los inventores se han centrado en la composición y el grosor de una película superficial y han realizado un estudio intensivo sobre la soldabilidad de una chapa de acero inoxidable ferrítico.

Como resultado de ello, se ha encontrado que se requiere una película formada en la superficie para satisfacer la siguiente (Expresión 1) para obtener una chapa de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente soldabilidad.

$$40 \quad d_f \times Cr_f + 5(Si_f + 3Al_f) \leq 2,0 \dots \text{(Expresión 1)}$$

En la (Expresión 1),  $d_f$  representa un grosor (nm) de la película,  $Cr_f$  representa una fracción catiónica de Cr en la película,  $Si_f$  representa una fracción catiónica de Si en la película, y  $Al_f$  representa una fracción catiónica de Al en la película.

La (Expresión 1) se establece en base a los siguientes puntos.

45 (a) Con respecto a la película de óxido (Fe, Cr) formada en la superficie de la chapa de acero inoxidable, cuanto más grueso es el grosor de la película y mayor es el contenido de Cr en la película, más difícil es reducir la película.

(b) Normalmente, los óxidos de Si y los óxidos de Al no se reducen en las condiciones de soldadura fuerte y, por lo tanto, en el caso de que estos óxidos estén contenidos en la película, se reduce la capacidad de reducción de la película y se deteriora la soldabilidad.

50 La fracción catiónica de Cr en la película de óxido (Fe, Cr) formada en la superficie de la chapa de acero inoxidable aumenta a medida que aumenta el contenido de Cr contenido en la chapa de acero inoxidable y también se ve afectada por las condiciones de producción del material antes de la soldadura fuerte como el recocido y el decapado. Por otro lado, el grosor de la película de óxido se vuelve más delgado a medida que aumenta el contenido de Cr en la chapa

de acero inoxidable y también se ve afectado por las condiciones de producción del material. Por consiguiente, se requiere asegurar la soldabilidad al suprimir el crecimiento de la película y disminuir el grosor de la película en la chapa de acero inoxidable que tiene un mayor contenido de Cr.

5 En general, 1 % o menos de Si está contenido en la chapa de acero inoxidable. En los procesos de recocido de acabado y decapado, el Si se concentra en la película y permanece en la película en forma de óxidos de Si. Por tanto, existe la posibilidad de que la soldabilidad se deteriore. La razón por la cual los óxidos de Si se concentran en la película en los procesos de recocido de acabado y decapado no está clara, pero se considera como sigue en este momento.

10 Cuando la chapa de acero inoxidable se somete a recocido en la atmósfera, se forman óxidos ricos en Fe (Fe, Cr) en la capa externa y los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr) se forman en la capa interna. Después, Si está presente en forma de óxidos en una porción interna que en una porción donde están presentes los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr). Los óxidos de Si se forman más fácilmente a medida que los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr) se estabilizan más. Por lo tanto, como factor de material base, se supone que a medida que aumenta el contenido de Cr en la chapa de acero inoxidable, los óxidos de Si se forman más fácilmente. Como factor de proceso de producción, se supone que a medida que aumenta la temperatura de recocido, o aumenta el tiempo de recocido, los óxidos de Si se forman más fácilmente.

15 El proceso de decapado posterior al recocido de acabado se realiza principalmente para disolver y eliminar los óxidos (Fe, Cr) que se forman en el recocido. Sin embargo, también se disuelve parte del material base de la base. Dado que los óxidos de Si son estables en un intervalo ácido neutro a débil, es eficaz eliminar los óxidos de Si con la disolución del material base o tratar el acero en un álcali capaz de disolver los óxidos de Si. Para disolver y eliminar los óxidos de Si junto con el material base mediante decapado, se considera un método para aumentar la temperatura y la concentración de una solución de decapado o un método para aumentar el tiempo de decapado. Adicionalmente, para disolver los óxidos de Si en el álcali, por ejemplo, se considera un método para aumentar la temperatura y aumentar el tiempo en un método de sal (un método para calentar una sal alcalina descalcificante disponible comercialmente que contiene principalmente NaOH y sumergir acero en la sal alcalina).

25 Tal como se ha descrito anteriormente, la formación y eliminación de los óxidos de Si se ven afectadas por la composición química de la chapa de acero, así como por las condiciones de producción, como el recocido y el decapado. Por lo tanto, para garantizar la soldabilidad, se requiere evitar que se incremente la concentración de óxidos de Si en la película combinando adecuadamente la composición química con las condiciones de producción.

30 Se añade Al según se requiera para la desoxidación y similares. Sin embargo, similar a Si, en los procesos de recocido de acabado y decapado, Al se concentra en la película y permanece en la película en forma de óxidos de Al. Por tanto, existe la posibilidad de que la soldabilidad se deteriore. Los óxidos de Al se forman en una porción más interna que una porción donde están presentes los óxidos de Si, es decir, los óxidos de Al se forman cuando los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr) se forman de manera más estable. La eliminación de los óxidos de Al se realiza básicamente de la misma manera que la eliminación de los óxidos de Si. Sin embargo, dado que los óxidos de Al se forman en una porción interna que en una porción donde están presentes los óxidos de Si, es difícil eliminar los óxidos de Al. Por lo tanto, es importante suprimir la formación de óxidos de Al y se supone que es eficaz para reducir la temperatura de recocido y para acortar el tiempo de recocido.

35 Tal como se ha descrito anteriormente, dado que la soldabilidad se ve afectada negativamente por los óxidos de Si y los óxidos de Al en la película, se requiere mantener la fracción catiónica de Si, Si<sub>f</sub> y la fracción catiónica de Al, Al<sub>f</sub> bajo en la película.

40 Tanto la fracción catiónica de Si, Si<sub>f</sub> y la fracción catiónica de Al, Al<sub>f</sub> se obtienen del resultado del análisis cuantitativo de la superficie más externa mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS). En esta ocasión, los cationes son solo para elementos metálicos. La fracción catiónica de Si, Si<sub>f</sub> en la película es de forma deseable 0,1 o menos y de forma más deseable 0,05 o menos. La fracción catiónica de Al, Al<sub>f</sub> en la película es de forma deseable 0,05 o menos y de forma más deseable 0,02 o menos. Tanto la fracción catiónica de Si como la fracción catiónica de Al son de forma más deseable 0 (que es igual o menor que un límite de detección).

45 Además, el grosor d<sub>f</sub> de la película que afecta negativamente la soldabilidad es de forma deseable 10 nm o menos y de forma más deseable 7 nm o menos. En esta ocasión, d<sub>f</sub> se puede obtener por un método de resolución de ángulo. Específicamente, el grosor se mide en ángulos de salida de 45 grados y 90 grados mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS) y el grosor de una película de Cr-O se obtiene a partir de variaciones en la forma del pico de Cr. Esto se debe a que la película de óxido está formada por un óxido mixto de Fe y Cr y Cr se concentra en el lado de la capa interna de la película.

50 Normalmente, cuando se define el grosor de la película superficial de la chapa de acero inoxidable, el grosor a menudo se define como un grosor en el que la fuerza máxima de O en el análisis de dirección de profundidad es 1/2 de la fuerza máxima. Sin embargo, cuando los óxidos de Si y los óxidos de Al están incluidos en la película, estos óxidos están presentes en una porción interna que la capa interna rica en Cr de la película. Por lo tanto, comparado con el caso del grosor de la película de Cr-O obtenida de variaciones en la forma del pico de Cr, el grosor de la película se evalúa como grueso cuando el grosor de la película se define como un grosor en el que la fuerza máxima de O en el

análisis de dirección de profundidad es 1/2 de la fuerza máxima. En la realización, la relevancia entre la soldabilidad y las propiedades de reducción de la película de óxido de Cr se enfoca en y, por lo tanto, el grosor de la película superficial de la chapa de acero inoxidable se ajusta al grosor de la película de Cr-O.

5 La fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$  en la película se obtiene de la misma manera que en el cálculo de la fracción catiónica de Si,  $Si_f$  y la fracción catiónica de Al,  $Al_f$ . Desde el punto de vista de la soldabilidad, el  $Cr_f$  de forma deseable se establece en 0,6 o menos. el  $Cr_f$  es de forma más deseable 0,5 o menos.

10 Como se describe arriba, desde el punto de vista de la soldabilidad, se muestran intervalos adecuados del grosor  $d_f$  de la película, la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$ , la fracción catiónica de Si,  $Si_f$  y la fracción catiónica de Al,  $Al_f$  en la película. El valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3 Al_f)$  que se calculará utilizando estos intervalos se establece en 2,0 o menos, preferiblemente, se establece en 1,8 o menos, más preferiblemente, se establece en 1,5 o menos, y aún más preferiblemente, se establece en 1,3 o menos. Por otro lado, además de la soldabilidad, la resistencia a la corrosión también es importante en la realización y se ve afectada por la composición de la película de óxido que se forma en la superficie. Por este motivo, el valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3 Al_f)$  se establece preferiblemente en 0,6 o más y más preferiblemente, se establece en 0,7 o más. En esta ocasión, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$  en la película es lo más importante y el valor de la misma se establece preferiblemente en 0,14 o más.

La realización se realiza considerando el estudio anterior y es para proporcionar una chapa de acero inoxidable ferrítico que tenga una excelente soldabilidad. Sus características son como se describen en las reivindicaciones.

20 En lo sucesivo en el presente documento, se describirá la razón por la cual cada composición de la chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente soldabilidad es limitada. En la siguiente descripción, a menos que se indique lo contrario, una unidad "%" que indica el contenido de cada componente representa el % en masa.

(C: 0,03 % o menos)

25 Dado que el C deteriora la resistencia a la corrosión intergranular y la trabajabilidad, se requiere que su contenido se mantenga pequeño. Por este motivo, el límite superior del contenido de C se establece en 0,03 % o menos. Sin embargo, dado que la disminución excesiva del contenido de C aumenta los costes de refinación, el límite inferior del contenido de C se establece preferiblemente en 0,002 % o más. El límite superior del contenido de C es preferiblemente 0,02 %.

(N: 0,05 % o menos)

30 N es un elemento útil para la resistencia a la corrosión por picadura. Sin embargo, N deteriora la resistencia a la corrosión intergranular y la trabajabilidad. Por lo tanto, se requiere que el contenido de N se mantenga pequeño. Por este motivo, el límite superior del contenido de N se establece en 0,05 % o menos. Sin embargo, dado que la disminución excesiva del contenido de N aumenta los costes de refinación, el límite inferior del contenido de N se establece preferiblemente en 0,002 % o más. El límite superior del contenido de N es preferiblemente 0,02 %. Adicionalmente, desde el punto de vista de la supresión del engrosamiento del grano en el momento de la soldadura fuerte, el contenido total de C y N se establece preferiblemente en 0,015 % o más ( $(C + N) \geq 0,015 \%$ ). Además, desde el punto de vista de resistencia a la corrosión intergranular y trabajabilidad, el contenido total de C y N se establece preferiblemente en 0,05 % o menos ( $(C + N) \leq 0,05 \%$ ).

(Si: más del 0,1 % y 1 % o menos)

40 Si se concentra en la película superficial de la chapa de acero inoxidable después de la soldadura fuerte y, por lo tanto, Si contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión de la misma. Además, el Si es útil como elemento de desoxidación. Sin embargo, la adición excesiva de Si forma fácilmente una película que contiene óxidos de Si en la superficie del material antes de la soldadura fuerte y deteriora la trabajabilidad. Por lo tanto, el contenido de Si se establece en 1 % o menos, preferiblemente, se establece en 0,5 % o menos, y más preferiblemente, se establece en 0,4 % o menos.

(Mn: 1,2 % o menos)

45 El Mn es útil como elemento de desoxidación y es preferible que contenga 0,02 % o más de Mn en el acero. Sin embargo, cuando Mn está excesivamente incluido, la resistencia a la corrosión está deteriorada. Por lo tanto, el contenido de Mn se establece en 1,2 % o menos, preferiblemente, se establece en 1 % o menos, y más preferiblemente, se establece en 0,5 % o menos. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,05% o más y más preferiblemente del 0,1% o menos.

50 (Cr: 14 % o más y 28 % o menos)

El Cr es un elemento básico para garantizar la resistencia a la corrosión. En intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, en muchos casos, el gas de escape de combustión fluye en el paso, se enfrían mediante agua de enfriamiento o similar, y se condensan para producir agua condensada corrosiva. Por lo tanto, se requiere que las chapas de acero utilizadas para los intercambiadores de calor tengan resistencia a la corrosión del

agua condensada de los gases de escape. Además, en el caso de intercambiadores de calor utilizados en exteriores, se requiere que los intercambiadores de calor tengan resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior. Por este motivo, se requiere que el contenido de Cr se establezca en al menos 14 % o más. A medida que aumenta el contenido de Cr, la resistencia a la corrosión puede aumentar. Sin embargo, dado que Cr deteriora la trabajabilidad y la capacidad de fabricación, la cantidad de Cr se establece en 28 % o menos. El contenido de Cr es preferiblemente 16 % o más y más preferiblemente 17 % o más. Además, el contenido de Cr es preferiblemente del 23 % o menos y más preferiblemente del 20,5 % o menos.

(Nb:  $8(C + N)$  o más y 0,8 % o menos)

Dado que el Nb es un elemento útil para fijar C y N y para mejorar la resistencia a la corrosión intergranular en zonas soldadas, se requiere que la cantidad de Nb sea ocho veces o más la cantidad de  $(C + N)$ . Además, el Nb mejora la fuerza a altas temperaturas. En intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, se incluye un elemento en el que fluye gas a alta temperatura. Sin embargo, desde el punto de vista de las propiedades de fuerza y fatiga térmica, el uso de Nb es efectivo. Por este motivo, es eficaz incluir Nb en un estado de solución sólida y el contenido de Nb se establece preferiblemente en  $8(C + N) + 0,03$  % o más. Sin embargo, dado que la adición excesiva de Nb deteriora la trabajabilidad y la capacidad de fabricación, el límite superior del contenido de Nb es 0,8 % y preferiblemente 0,6 %.

(Al: 0,002 % o más y 0,1 % o menos)

Como el Al tiene un efecto de desoxidación o similar, el Al es un elemento útil para el refinado y también tiene el efecto de mejorar la formabilidad. Por lo tanto, la chapa de acero inoxidable contiene 0,002 % o más de Al. Sin embargo, la adición excesiva de Al forma fácilmente una película que incluye óxidos de Al en la superficie del material antes de la soldadura fuerte y deteriora la dureza. Por lo tanto, el contenido de Al se establece en 0,1 % o menos, preferiblemente, se ajusta al 0,08 % o menos, más preferiblemente, se establece en 0,05 % o menos, y aún más preferiblemente, se establece en 0,03 % o menos.

La chapa de acero inoxidable ferrítico de la realización puede contener además, % en masa, uno o más seleccionados de Ni: 5 % o menos, Cu: 1,5 % o menos, y Mo: 3 % o menos.

(Ni: 5 % o menos)

Según sea necesario, puede contener 5 % o menos de Ni para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Ni tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Además, el Ni también tiene un efecto de mejorar la dureza. Sin embargo, la adición excesiva de Ni deteriora la trabajabilidad. También, como el Ni es caro, la adición excesiva de Ni aumenta los costes. Para obtener los efectos descritos anteriormente, el contenido de Ni es preferiblemente 0,1 % o más, más preferiblemente, 0,2 % o más, y aún más preferiblemente 0,3 % o más. Además, el límite superior del contenido de Ni es 5 %, preferiblemente, 3 %, y más preferiblemente 1,2 %.

(Cu: 1,5 % o menos)

Según sea necesario, puede estar contenido un 1,5 % o menos de Cu para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Cu tiene un efecto de mejorar la resistencia a la penetración similar al Ni. Sin embargo, la adición excesiva de Cu deteriora la trabajabilidad. Para obtener los efectos descritos anteriormente, el contenido de Cu es preferiblemente 0,1 % o más y más preferiblemente 0,2 % o más. Adicionalmente, el límite superior del contenido de Cu es 1,5 % y preferiblemente 1 %.

(Mo: 3 % o menos)

Según sea necesario, puede contener un 3 % o menos de Mo para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Mo tiene el efecto de mejorar la resistencia a la oxidación y la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de Mo deteriora la trabajabilidad. También, como el Mo es caro, la adición excesiva de Mo aumenta los costes. Para obtener el efecto, el contenido de Mo es preferiblemente 0,1 % o más y más preferiblemente 0,3 % o más. Además, el límite superior del contenido de Mo es del 3 % y preferiblemente del 2 %.

La chapa de acero inoxidable ferrítico de la realización puede contener además, % en masa, uno o más seleccionados de V: 0,5 % o menos, W: 1 % o menos, B: 0,005 % o menos, Zr: 0,5 % o menos, Sn: 0,5 % o menos, Co: 0,2 % o menos, Mg: 0,002 % o menos, Ca: 0,002 % o menos, REM: 0,01 % o menos, Sb: 0,5 % o menos, Ta: 0,5 % o menos, y Ga: 0,01 % o menos.

(V: 0,5 % o menos)

5 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de V para mejorar la resistencia a la corrosión. La adición excesiva de V deteriora la trabajabilidad. También, dado que el V es caro, la adición excesiva de V aumenta los costes. El contenido de V es preferiblemente 0,5 % o menos y más preferiblemente 0,3 % o menos. Además, para obtener los efectos descritos anteriormente, el contenido de V es preferiblemente del 0,05 % o más y más preferiblemente del 0,1 % o más.

(W: 1 % o menos)

10 Según sea necesario, puede estar contenido un 1 % o menos de W para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, W tiene el efecto de mejorar la resistencia a la oxidación y la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de W deteriora la trabajabilidad. También, dado que el W es caro, la adición excesiva de W aumenta los costes. Para obtener el efecto, el contenido de W es preferiblemente 0,2 % o más y más preferiblemente 0,4 % o más. Además, el límite superior del contenido de W es 1 % y preferiblemente 0,8 %.

15 (B: 0,005 % o menos)

Según sea necesario, B puede estar contenido para mejorar la trabajabilidad, particularmente, la trabajabilidad secundaria. La adición excesiva de B deteriora la resistencia a la corrosión intergranular. Por tanto, es preferible contener 0,005 % o menos de B. Para obtener el efecto, el contenido de B es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0004 % o más. Además, el límite superior del contenido de B es 0,005 % y preferiblemente 0,002 %.

20 (Zr. 0,5 % o menos)

25 Según sea necesario, Zr puede estar contenido para mejorar la resistencia a la corrosión, particularmente, la resistencia a la corrosión intergranular. La adición excesiva de Zr deteriora la trabajabilidad. También, como el Zr es caro, la adición excesiva de Zr aumenta los costes. Por lo tanto, el contenido de Zr es preferiblemente 0,5 % o menos y más preferiblemente 0,3 % o menos. Además, para obtener el efecto, el contenido de Zr es preferiblemente del 0,05 % o más y más preferiblemente del 0,1 % o más.

(Sn: 0,5 % o menos)

30 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Sn para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Sn tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de Sn deteriora la dureza. Para obtener el efecto, el contenido de Sn es preferiblemente del 0,02 % o más y más preferiblemente del 0,05 % o más. Además, el límite superior del contenido de Sn es 0,5 % y preferiblemente 0,3 %.

(Co: 0,2 % o menos)

35 Según sea necesario, el Co puede estar contenido para mejorar la trabajabilidad secundaria y la dureza. La adición excesiva de Co aumenta los costes. Por tanto, el contenido de Co es preferiblemente 0,2 % o menos y más preferiblemente 0,15 % o menos. Para obtener el efecto, el contenido de Co es preferiblemente del 0,02 % o más y más preferiblemente del 0,05 % o más.

(Mg: 0,002 % o menos)

40 Como el Mg tiene un efecto de desoxidación o similar, el Mg es un elemento útil para el refinado. También, el Mg tiene el efecto de mejorar la trabajabilidad y la dureza al refinar la estructura. Por lo tanto, según sea necesario, puede contener 0,002 % o menos de Mg. Para obtener los efectos, el contenido de Mg es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0005 % o más. Además, el límite superior del contenido de Mg es 0,002 % y preferiblemente 0,0015 %.

45 (Ca: 0,002 % o menos)

Como el Ca tiene un efecto de desoxidación o similar, el Ca es un elemento útil para el refinado y el 0,002 % o menos de Ca puede estar contenido según se requiera. Para obtener el efecto, el contenido de Ca es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0005 % o más. Además, el límite superior del contenido de Ca es 0,002 % y preferiblemente 0,0015 %.

50 (REM: 0,01 % o menos)

Según una definición general, REM (elementos de metales de tierras raras) es el término general de los elementos que consisten en 2 elementos de escandio (Sc) e itrio (Y) y 15 elementos (lantanoideos) desde lantano (La) hasta lutecio

(Lu). Se puede agregar REM solo o se puede agregar una mezcla de los mismos. Como REM tiene un efecto de desoxidación o similar, REM es un elemento útil para el refinado. Según sea necesario, REM puede estar contenido en un contenido total del 0,01 % o menos. Para obtener el efecto, el contenido de REM es 0,0005 % o más y más preferiblemente 0,001 % o más. Además, el límite superior del contenido de REM es 0,01 % y más preferiblemente 0,008 %.

(Sb: 0,5 % o menos)

Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Sb para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Sb tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de Sb deteriora la dureza. Para obtener el efecto, el contenido de Sb es preferiblemente 0,001 % o más, más preferiblemente, 0,01 % o más, y aún más preferiblemente 0,05 % o más. Además, el límite superior del contenido de Sb es 0,5 % y preferiblemente 0,3 %.

(Ta: 0,5 % o menos)

Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Ta para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Ta tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de Ta deteriora la dureza. Para obtener el efecto, el contenido de Ta es preferiblemente 0,01 % o más, más preferiblemente, 0,05 % o más, y aún más preferiblemente 0,1 % o más. Además, el límite superior del contenido de Ta es 0,5 % y preferiblemente 0,4 %.

(Ga: 0,01 % o menos)

Como el Ga forma sulfuros estables para mejorar la resistencia a la corrosión y la resistencia a la fragilidad por hidrógeno, puede estar contenido un 0,01 % o menos de Ga según se requiera. Para obtener el efecto, el contenido de Ga es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0005 % o más. Además, el límite superior del contenido de Ga es 0,01 % y preferiblemente 0,005 %.

Entre las impurezas inevitables, desde el punto de vista de la soldabilidad, la cantidad de P se establece en 0,04 % o menos y más preferiblemente, se establece en 0,035 % o menos. Además, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, la cantidad de S se establece en 0,02 % o menos y más preferiblemente, se establece en 0,01 % o menos.

La chapa de acero inoxidable de la realización se puede producir básicamente mediante un método general de producción de una chapa de acero inoxidable ferrítico. Por ejemplo, se produce un acero fundido con la composición química descrita anteriormente en un convertidor o un horno eléctrico, el acero fundido se refina en un horno AOD, un horno VOD o similar, y luego se produce una plancha mediante un método de colada continua o un método de fabricación de lingotes. A continuación, la plancha se somete a procesos de laminado en caliente-recocido de laminado en caliente de acero laminado en caliente-decapado-laminado en frío-recocido de acabado-decapado para producir una chapa de acero. Según sea necesario, se puede omitir el recocido de una chapa de acero laminada en caliente, y se pueden realizar repetidamente procesos de laminado en frío-recocido de acabado-decapado.

Entre los procesos descritos en el presente documento, para obtener la composición de la película superficial definida en la realización, es preferible que se consideren las condiciones para el recocido de acabado y el decapado. Particularmente, en el proceso de recocido de acabado y el proceso de decapado, es preferible que se inhiba la formación de óxidos de Si y óxidos de Al que deterioran la soldabilidad.

En la realización, el proceso de decapado puede realizarse combinando una pluralidad de procesos. Específicamente, un método de sal o un método de electrólisis de sal neutra se realiza como un primer proceso, y la electrólisis de ácido nítrico se realiza como un segundo proceso. La inmersión en ácido nítrico fluorhídrico se incluye como un tercer proceso en algunos casos. Adicionalmente, como el segundo proceso, se puede realizar inmersión en ácido nítrico fluorhídrico.

Tal como se ha descrito anteriormente, en el proceso de decapado, el método de la sal es particularmente útil para eliminar óxidos de Si y es más efectivo para aumentar la temperatura y el tiempo. De estos, en el caso de que se use el mismo equipo, un mayor tiempo reduce la velocidad de una línea. Esto conduce a una disminución de la temperatura del material antes de la inmersión en un tanque de sal y también conduce al deterioro de la productividad.

En cuanto a la temperatura en el método de sal, como se sabe que el deterioro de la sal se produce a una temperatura de 530 °C o superior, normalmente, la chapa de acero se sumerge en la sal que tiene una temperatura de aproximadamente 450 °C a 480 °C. Sin embargo, la temperatura en el método de sal se establece para que sea más alta en la realización en comparación con un caso típico. Específicamente, la temperatura de la sal se ajusta preferiblemente a 490 °C o más y es efectiva a 500 °C o más. La chapa de acero se sumerge de forma deseable en la sal a una temperatura de 500 °C a 530 °C.

El tiempo de inmersión se establece de forma deseable en 2 segundos o más y se establece en 10 segundos o menos. Sin embargo, un aumento en la temperatura de la sal fácilmente provoca un deterioro en las propiedades de la superficie y las propiedades de la superficie de una chapa de acero inoxidable que tiene un contenido de Cr más alto se deterioran más fácilmente. Por lo tanto, es deseable que la temperatura y el tiempo de inmersión satisfagan  $T \times (10t + 2 [Cr])/100 \leq 600$  (en esta ocasión, T representa la temperatura (°C), t representa el tiempo (s), y [Cr] representa un contenido de Cr (% en masa)).

Tal como se ha descrito anteriormente, el método de la sal es el más útil para suprimir la concentración de óxidos de Si. Sin embargo, para suprimir la cantidad de escamas generadas, incluidos los óxidos de Si, es deseable que la temperatura de recocido de acabado se reduzca. Generalmente, la temperatura de recocido de acabado se selecciona según la composición química del material, propiedades mecánicas requeridas, y similares. En la realización, para obtener las propiedades mecánicas deseadas, es eficaz y deseable reducir la temperatura de recocido de acabado en 5 °C a 20 °C por debajo de una temperatura de recocido de acabado típica. Específicamente, la temperatura de recocido de acabado está configurada de forma deseable a 1.000 °C o más baja y está configurada de forma deseable a 970 °C a 990 °C. La temperatura límite inferior de la temperatura de recocido de acabado puede ser una temperatura a la que una chapa laminada en frío se somete a recocido de acabado para tener una estructura metalográfica que tiene una estructura de recristalización y se proporcionan propiedades mecánicas deseables.

A continuación, se describirá un intercambiador de calor de la realización.

El intercambiador de calor de la realización incluye una sección de intercambio de calor y una caja que cubre el exterior de la misma. La sección de intercambio de calor se prepara ensamblando elementos. Los elementos son elementos obtenidos formando la chapa de acero inoxidable ferrítico de la realización en varias formas, tales como una forma rectangular, una forma tubular, una forma ondulada y similares. En la sección de intercambio de calor, un paso para gases de escape y un paso para enfriar agua están dispuestos por separado. Fuera del intercambiador de calor, las entradas y salidas de un tubo en el que fluyen los gases de escape y un tubo en el que fluye el agua de refrigeración están dispuestos respectivamente. En el intercambiador de calor de la realización, un gran número de elementos constituyen la sección de intercambio de calor y los elementos tienen formas complicadas. La mayoría de los elementos se unen mediante soldadura fuerte. Como material de aporte de la soldadura fuerte utilizado para la soldadura fuerte, es preferible utilizar un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu y/o un metal de aporte de la soldadura fuerte de Ni. Con respecto al metal de aporte de la soldadura fuerte de Ni, es preferible utilizar un metal de aporte de la soldadura fuerte de aleación de Ni que contenga Cr y Si.

(Segunda realización)

Primero, se describirá la soldabilidad. En la realización, se trata la soldadura fuerte de un elemento compuesto de acero inoxidable usando un metal de aporte de la soldadura fuerte de Ni o un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu. En la soldadura fuerte, los elementos se sueldan mediante un metal de aporte de la soldadura fuerte y los espacios libres se rellenan con el metal de aporte de la soldadura fuerte para unirse a los elementos. Cuando una película de óxido está presente en la superficie del acero inoxidable que constituye un elemento a soldar, el elemento no se suelda fácilmente y se inhibe la soldabilidad.

Se forma una película de óxido (Fe, Cr) (película de pasivación) que es rica en Cr en la superficie del acero inoxidable y se puede exhibir una excelente resistencia a la corrosión debido a la película de óxido. Para garantizar la humectabilidad del acero inoxidable, es necesario reducir y eliminar la película de óxido en el momento de la soldadura fuerte. Cuando la chapa de acero inoxidable se somete a la soldadura fuerte, normalmente, la chapa de acero se mantiene a la temperatura de soldadura fuerte durante 10 minutos a 30 minutos. La soldabilidad se ve muy afectada por la forma en que la película que se forma en la superficie del acero inoxidable se reduce en un período de tiempo limitado.

Considerando tales circunstancias, los inventores se han centrado en la composición y el grosor de la película en la superficie y han realizado un estudio intensivo sobre la soldabilidad fuerte del acero inoxidable ferrítico.

Como resultado, se ha encontrado que para obtener soldabilidad, se requiere que la película formada en la superficie satisfaga la siguiente (Expresión 2) y se requiere que la fracción catiónica de Cr en la película sea 0,5 o menos.

$$d_f \times Cr_f + 5(Si_f + 3Al_f) \leq 2,0 \dots \text{(Expresión 2)}$$

En la (Expresión 2),  $d_f$  representa el grosor (nm) de la película,  $Cr_f$  representa una fracción catiónica de Cr en la película,  $Si_f$  representa una fracción catiónica de Si en la película, y  $Al_f$  representa una fracción catiónica de Al en la película.

(Expresión 2) se establece en base a los siguientes puntos.

(c) Con respecto a la película de óxido (Fe, Cr) que se forma en la superficie del acero inoxidable, cuanto más grueso es el grosor  $d_f$  de la película y cuanto mayor es el contenido de Cr en la película, más difícil se reduce la película.

(d) En el caso de que los óxidos de Si y los óxidos de Al que no se reducen en condiciones de soldadura fuerte se

incluyan en la película de óxido, se reduce la capacidad de reducción de la película y se deteriora la soldabilidad.

La fracción catiónica de Cr, Cr<sub>i</sub> en la película de óxido (Fe, Cr) formada en la superficie aumenta a medida que aumenta el contenido de Cr en el acero inoxidable y se ve afectada por las condiciones de producción del material antes de la soldadura fuerte como el recocido y el decapado. Por otro lado, el grosor de la película de óxido se vuelve más delgado a medida que aumenta el contenido de Cr en el acero inoxidable y también se ve afectado por las condiciones de producción del material. Por consiguiente, a medida que aumenta el contenido de Cr en el acero inoxidable, se requiere suprimir el crecimiento de la película de óxido y disminuir el grosor de la película para satisfacer la anterior (Expresión 2) con el fin de garantizar la soldabilidad.

El 1 % o menos de Si está contenido en el acero inoxidable. El Si se concentra en la película en procesos de recocido de acabado y decapado y el Si permanece en forma de óxidos de Si en la película. Por tanto, existe la posibilidad de que la soldabilidad se deteriore. Aunque la razón por la cual los óxidos de Si se concentran en la película en los procesos de recocido de acabado y decapado no está clara, la razón puede considerarse como sigue en el momento actual.

Cuando el acero inoxidable se somete a recocido en la atmósfera, se forman óxidos ricos en Fe (Fe, Cr) en la capa externa y los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr) se forman en la capa interna. Después, el Si está presente en forma de óxidos en una porción interna que la capa interna donde están presentes los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr). Los óxidos de Si se forman más fácilmente a medida que los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr) se estabilizan más. Por lo tanto, como factor de material base, se supone que a medida que aumenta el contenido de Cr en el acero inoxidable, los óxidos de Si se forman más fácilmente. Además, como factor de proceso de producción, se supone que a medida que aumenta la temperatura de recocido, o aumenta el tiempo de recocido, los óxidos de Si se forman más fácilmente.

El proceso de decapado posterior al recocido de acabado se realiza principalmente para disolver y eliminar los óxidos (Fe, Cr) que se forman en el recocido.

Sin embargo, una parte del material base de la base también se disuelve al mismo tiempo. Dado que los óxidos de Si son estables en un intervalo ácido neutro a débil, es eficaz eliminar los óxidos de Si con la disolución del material base o tratar el acero en un álcali capaz de disolver los óxidos de Si. Para disolver y eliminar los óxidos de Si junto con el material base mediante decapado, se puede considerar que aumenta la temperatura y la concentración de una solución de decapado o aumenta el tiempo de decapado. Adicionalmente, para disolver los óxidos de Si en el álcali, por ejemplo, se puede considerar que aumenta la temperatura y aumenta el tiempo mediante un método de sal (un método para calentar una sal alcalina descalcificante disponible comercialmente que contiene principalmente NaOH y sumergir acero en la sal alcalina).

Tal como se ha descrito anteriormente, la formación y eliminación de los óxidos de Si se ven afectadas por la composición química de la chapa de acero, así como por las condiciones de producción, como el recocido y el decapado. Por lo tanto, para garantizar la soldabilidad, es preferible evitar que se incremente la concentración de óxidos de Si en la película combinando adecuadamente la composición química con las condiciones de producción.

Al se agrega para la desoxidación o similar. Similar a Si, en los procesos de recocido de acabado y decapado, Al se concentra en la película y permanece en la película en forma de óxidos de Al. Por tanto, existe la posibilidad de que la soldabilidad se deteriore. Los óxidos de Al se forman en una porción más interna que una porción donde están presentes los óxidos de Si, es decir, los óxidos de Al se forman cuando los óxidos ricos en Cr (Fe, Cr) se forman de manera más estable. Un método para eliminar los óxidos de Al es básicamente el mismo que el método descrito anteriormente para eliminar los óxidos de Si. Sin embargo, dado que los óxidos de Al se forman en una porción interna que en una porción donde están presentes los óxidos de Si, es difícil eliminar los óxidos de Al. Por lo tanto, es importante suprimir la formación de óxidos de Al y se supone que es eficaz para reducir la temperatura de recocido y para acortar el tiempo de recocido.

Tal como se ha descrito anteriormente, la soldabilidad se ve afectada negativamente por los óxidos de Si y los óxidos de Al en la película que se forma en la superficie del acero inoxidable. Por consiguiente, se requiere mantener la fracción catiónica de Si, Si<sub>i</sub> y la fracción catiónica de Al, Al<sub>i</sub> bajo en la película.

Tanto la fracción catiónica de Si, Si<sub>i</sub> y la fracción catiónica de Al, Al<sub>i</sub> se obtienen del resultado del análisis cuantitativo de la superficie más externa mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS). En esta ocasión, los cationes son solo para elementos metálicos. La fracción catiónica de Si, Si<sub>i</sub> en la película es de forma deseable 0,1 o menos y de forma más deseable 0,05 o menos. La fracción catiónica de Al, Al<sub>i</sub> en la película es de forma deseable 0,05 o menos y de forma más deseable 0,02 o menos. Tanto la fracción catiónica de Si como la fracción catiónica de Al son de forma más deseable 0 (que es igual o menor que un límite de detección).

Además, el grosor d<sub>i</sub> de la película que afecta negativamente la soldabilidad es de forma deseable 10 nm o menos y de forma más deseable 7 nm o menos. En esta ocasión, d<sub>i</sub> se puede obtener por un método de resolución de ángulo. Específicamente, el grosor se mide en ángulos de salida de 45 grados y 90 grados mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS) y el grosor de una película de Cr-O se obtiene a partir de variaciones en la forma del pico de Cr. Esto se debe a que la película de óxido está formada por un óxido mixto de Fe y Cr y Cr se concentra en el lado de la capa interna de la película.

- Normalmente, cuando se define el grosor de la película en la superficie de la chapa de acero inoxidable, el grosor se define como un grosor en el que la fuerza máxima de O en el análisis de dirección de profundidad es 1/2 de la fuerza máxima. Sin embargo, cuando los óxidos de Si y los óxidos de Al están incluidos en la película, estos óxidos están presentes en una porción interna que la capa interna compuesta de óxidos ricos en Cr (Fe, Cr). Por lo tanto, comparado con el caso del grosor de la película de Cr-O obtenida de variaciones en la forma del pico de Cr, el grosor de la película se evalúa como grueso cuando el grosor de la película se define como un grosor en el que la fuerza máxima de O en el análisis de dirección de profundidad es 1/2 de la fuerza máxima. En la realización, la relevancia entre la soldabilidad del acero inoxidable y las propiedades de reducción de la película de óxido de Cr se enfoca y, por lo tanto, el grosor de la película formado en la superficie se ajusta al grosor de la película de Cr-O.
- 5 La fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$  en la película se obtiene de la misma manera que en el cálculo de la fracción catiónica de Si,  $Si_f$  y la fracción catiónica de Al,  $Al_f$ . Desde el punto de vista de la soldabilidad,  $Cr_f$  se establece en 0,5 o menos.  $Cr_f$  de forma deseable se establece en 0,45 o menos y de forma más deseable se establece en 0,4 o menos.
- 10 En la descripción anterior, desde el punto de vista de la soldabilidad, intervalos apropiados del límite superior de la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$  en la película, se muestran el grosor  $d_f$  de la película, la fracción catiónica de Si,  $Si_f$  y la fracción catiónica de Al,  $Al_f$ .
- 15 El valor de  $d_f \times Cr_f + 5(Si_f + 3Al_f)$  se establece en 2,0 o menos como se muestra en (Expresión 2), preferiblemente, se establece en 1,8 o menos, más preferiblemente, se establece en 1,5 o menos, y aún más preferiblemente, se establece en 1,3 o menos.
- 20 A continuación, se describirá la resistencia a la corrosión. Los inventores han recogido biocombustibles como el bioetanol y el combustible biodiésel y han realizado estudios y análisis sobre el comportamiento de la degradación por oxidación del combustible, su corrosividad al acero inoxidable, y similares en detalle en comparación con la gasolina típica. Como resultado, se ha encontrado que los ácidos grasos en el biocombustible degradado por oxidación se distribuyen a una fase acuosa para exhibir corrosividad y cuando la corrosividad se convierte en la concentración de ácidos orgánicos, el valor convertido corresponde a aproximadamente 100 veces la concentración en el caso de la gasolina.
- 25 Además, las temperaturas de las piezas del sistema de inyección de combustible en la proximidad de un motor se incrementan a una temperatura de aproximadamente 90 °C a 100 °C, Los ácidos grasos se distribuyen fácilmente del biocombustible a una fase acuosa junto con el aumento de la temperatura y, por lo tanto, el ambiente de corrosión se vuelve severo. El entorno de corrosión es severo en comparación con un ensayo de corrosión (a una temperatura de 40 °C a 50 °C) usando gasolina degradada por oxidación. Adicionalmente, el bioetanol de biocombustibles se mueve a una fase acuosa para agrandar la porción de la fase acuosa y, en particular, se convierte en un factor que impide que el acero inoxidable mantenga una pasivación.
- 30 Por consiguiente, incluso en el caso de las mismas piezas del sistema de suministro de combustible, se requiere que las piezas del sistema de suministro de combustible donde se considera el uso de biocombustible y que se disponen cerca de un motor tengan una resistencia a la corrosión más excelente en comparación con un tubo de suministro de combustible y un tanque de combustible para usar gasolina típica.
- 35 Por lo tanto, los inventores han investigado intensamente la resistencia a la corrosión del acero inoxidable en un entorno de ácidos grasos ácidos a alta temperatura. Como resultado, se ha encontrado que se requiere establecer la cantidad de Cr del material base en 15 % o más y establecer la fracción catiónica de  $Cr_f$  en la película para ser 0,18 o más. Para obtener una resistencia a la corrosión más estable, es deseable establecer que la cantidad de Cr en el material base sea del 17 % o más y establecer la fracción catiónica de  $Cr_f$  contenida en la película para ser 0,20 o más.
- 40 La realización es proporcionar un acero inoxidable ferrítico para las piezas del sistema de suministro de combustible donde la fuerza se considere con los hallazgos descritos anteriormente y sus características son las descritas en las reivindicaciones.
- 45 En lo sucesivo en el presente documento, se describirá la razón por la cual cada composición del acero inoxidable ferrítico para las piezas del sistema de suministro de combustible es limitada. En la siguiente descripción, a menos que se indique lo contrario, una unidad "%" que indica el contenido de cada componente representa el % en masa.
- (C: 0,03 % o menos)
- 50 Dado que el C deteriora la resistencia a la corrosión intergranular y la trabajabilidad, se requiere que su contenido se mantenga bajo. Por este motivo, el límite superior del contenido de C se establece en 0,03 % o menos y preferiblemente, se establece en 0,02 % o menos. Sin embargo, la disminución excesiva del contenido de C aumenta los costes de refinación sin obtener la fuerza requerida. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de C se establece preferiblemente en 0,002 % o más y más preferiblemente, se establece en 0,003 % o más.
- (N: 0,05 % o menos)
- 55 N es un elemento útil para la resistencia a la corrosión por picadura. Sin embargo, N deteriora la resistencia a la

5 corrosión intergranular y la trabajabilidad. Por lo tanto, se requiere que el contenido de N se mantenga pequeño. Por este motivo, el límite superior del contenido de N se establece en 0,05 % o menos y preferiblemente, se establece en 0,02 % o menos. Sin embargo, la disminución excesiva del contenido de N aumenta los costes de refinación sin obtener la fuerza requerida. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de N se establece preferiblemente en 0,002 % o más y más preferiblemente, se establece en 0,003 % o más.

Adicionalmente, desde el punto de vista de la supresión del engrosamiento del grano en el momento de la soldadura fuerte, el contenido total de C y N se establece preferiblemente en 0,015 % o más ( $(C + N) \geq 0,015 \%$ ). Además, desde el punto de vista de resistencia a la corrosión intergranular y trabajabilidad, el contenido total de C y N se establece preferiblemente en 0,05 % o menos ( $(C + N) \leq 0,05 \%$ ).

10 (Si: más del 0,1 % y 1 % o menos)

15 El Si forma fácilmente una película que contiene óxidos de Si en la superficie del material antes de la soldadura fuerte y deteriora la trabajabilidad. Por lo tanto, el contenido de Si se establece en 1 % o menos, más preferiblemente, se establece en 0,5 % o menos, y más preferiblemente, se establece en 0,4 % o menos. El Si se concentra en la película superficial del acero inoxidable después de la soldadura fuerte y contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión. También, el Si es útil como elemento de desoxidación. Por tanto, la cantidad de Si es 0,1 % o más y más preferiblemente más del 0,1 %.

(Mn: 1,2 % o menos)

20 el Mn deteriora la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el contenido de Mn se establece en 1,2 % o menos, preferiblemente, se establece en 1 % o menos, y más preferiblemente, se establece en 0,5 % o menos. El Mn es útil como elemento de desoxidación y al menos el 0,02% o más de Mn está contenido preferiblemente. La cantidad de Mn es más preferiblemente del 0,05 % o más y aún más preferiblemente del 0,1 % o más.

(Cr: 15 % o más y 23 % o menos)

25 El Cr es un elemento básico para garantizar la resistencia a la corrosión del biocombustible. Se requiere que contenga al menos 15 % o más de Cr y la cantidad de Cr es preferiblemente 17 % o más. A medida que aumenta el contenido de Cr, la resistencia a la corrosión se puede mejorar aún más. Sin embargo, la adición excesiva de Cr deteriora la trabajabilidad y la capacidad de fabricación. Por lo tanto, el contenido de Cr se establece en 23 % o menos y preferiblemente, se establece en 20,5 % o menos.

(Nb:  $8(C + N) + 0,1 \%$  o más y 0,8 % o menos)

30 El Nb es un elemento útil para fijar C y N y para mejorar la resistencia a la corrosión intergranular en zonas soldadas. Por lo tanto, se requiere que la cantidad de Nb sea ocho veces o más la cantidad de  $(C + N)$ . Además, dado que el Nb tiene el efecto de mejorar considerablemente la fuerza en un estado de solución sólida, el Nb mejora las propiedades de fuerza y fatiga. Por este motivo, es eficaz incluir Nb en un estado de solución sólida. Por consiguiente, se requiere que contenga  $8(C + N) + 0,1 \%$  o más de Nb y la cantidad de Nb se establece preferiblemente en  $8(C + N) + 0,2 \%$  o más. Sin embargo, dado que la adición excesiva de Nb deteriora la trabajabilidad y la capacidad de fabricación. Por  
35 tanto, el límite superior del contenido de Nb se establece en 0,8 % y preferiblemente, se establece en 0,6 % o menos.

(Al: 0,002 % o más y 0,1 % o menos)

40 El Al forma fácilmente una película que contiene óxidos de Al en la superficie del material antes de la soldadura fuerte y también deteriora la dureza. Por lo tanto, el contenido de Al se establece en 0,1 % o menos, preferiblemente, se ajusta al 0,08 % o menos, más preferiblemente, se establece en 0,05 % o menos, y aún más preferiblemente, se establece en 0,03 % o menos. Como el Al tiene un efecto de desoxidación o similar, el Al es un elemento útil para el refinado y tiene el efecto de mejorar la formabilidad. Por lo tanto, la cantidad de Al es 0,002 % o más y más preferiblemente 0,003 % o más.

El acero inoxidable de la realización puede contener además, % en masa, uno o más seleccionados de Ni: 2 % o menos, Cu: 1,5 % o menos, y Mo: 3 % o menos.

45 (Ni: 2 % o menos)

50 Según sea necesario, puede contener 2 % o menos de Ni para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, el Ni tiene el efecto de mejorar la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que se requiere para la pieza del sistema de suministro de combustible que es una aplicación prevista de la realización. Además, el Ni tiene el efecto de mejorar la fuerza. Por lo tanto, cuando el Ni está presente, la cantidad de Ni es preferiblemente 0,1 % o más, más preferiblemente, 0,2 % o más, y aún más preferiblemente 0,3 % o más. Sin embargo, la adición excesiva de Ni deteriora la trabajabilidad. También, como el Ni es caro, la adición excesiva de Ni aumenta los costes. Por lo tanto, el contenido de Ni es preferiblemente 1,5 % o menos y más preferiblemente 1,2 % o menos.

## ES 2 784 303 T3

(Cu: 1,5 % o menos)

- 5 Según sea necesario, puede estar contenido un 1,5 % o menos de Cu para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, similar al Ni, el Cu tiene un efecto de mejorar la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que se requiere para la pieza del sistema de suministro de combustible que es una aplicación prevista de la realización. Además, el Cu tiene un efecto de mejorar la fuerza. Por lo tanto, cuando el Cu está presente, la cantidad de Cu es preferiblemente 0,1 % o más, más preferiblemente, 0,2 % o más, y aún más preferiblemente 0,3 % o más. Sin embargo, la adición excesiva de Cu deteriora la trabajabilidad. Por consiguiente, el contenido de Cu es preferiblemente 1 % o menos y más preferiblemente 0,8 % o menos.

(Mo: 3 % o menos)

- 10 Como el Mo mejora la resistencia a la corrosión, el 3% o menos de Mo puede estar contenido según se requiera. Particularmente, el Mo tiene el efecto de mejorar la resistencia a la corrosión a los biocombustibles y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que se requiere para la pieza del sistema de suministro de combustible que es una aplicación prevista de la realización. Además, el Mo también tiene el efecto de mejorar la fuerza. Por lo tanto, cuando el Mo está presente, la cantidad de Mo es preferiblemente 0,1 % o más, más preferiblemente, 0,3 % o más, y aún más preferiblemente 0,7 % o más. Sin embargo, la adición excesiva de Mo deteriora la trabajabilidad. Como el Mo es caro, la adición excesiva de Mo aumenta los costes. Por consiguiente, el contenido de Mo es preferiblemente 2,2 % o menos y más preferiblemente 2 % o menos.

- 20 El acero inoxidable ferrítico de la realización puede contener además, % en masa, uno o más seleccionados de V: 0,5 % o menos, W: 1 % o menos, B: 0,005 % o menos, Zr: 0,5 % o menos, Sn: 0,5 % o menos, Co: 0,2 % o menos, Mg: 0,002 % o menos, Ca: 0,002 % o menos, REM: 0,01 % o menos, Sb: 0,5 % o menos, Ta: 0,5 % o menos, y Ga: 0,01 % o menos.

(V: 0,5 % o menos)

- 25 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de V para mejorar la resistencia a la corrosión. Para obtener de manera estable el efecto debido a V, la cantidad de V es preferiblemente del 0,05 % o más y más preferiblemente del 0,1 % o más. Sin embargo, la adición excesiva de V deteriora la trabajabilidad. También, dado que el V es caro, la adición excesiva de V aumenta los costes. Por lo tanto, el contenido de V es preferiblemente 0,3 % o menos.

(W: 1 % o menos)

- 30 Según sea necesario, puede estar contenido un 1 % o menos de W para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, el W tiene un efecto de mejorar la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que se requiere para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización. Para obtener de manera estable el efecto debido al W, la cantidad de W es preferiblemente 0,2 % o más y más preferiblemente 0,5 % o más. La adición excesiva de W deteriora la trabajabilidad. También, dado que el W es caro, la adición excesiva de W aumenta los costes. Por lo tanto, el contenido de W es preferiblemente 0,8 % o menos.

- 35 (B: 0,005 % o menos)

Según sea necesario, 0,005 % o menos de B puede estar contenido para mejorar la trabajabilidad, particularmente, la trabajabilidad secundaria. Para obtener de manera estable el efecto debido a B, la cantidad de B es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0003 % o más. La adición excesiva de B deteriora la resistencia a la corrosión intergranular. Por lo tanto, el contenido de B es preferiblemente 0,0015 % o menos.

- 40 (Zr: 0,5 % o menos)

- 45 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Zr para mejorar la resistencia a la corrosión, particularmente, la resistencia a la corrosión intergranular. Para obtener de manera estable el efecto debido a Zr, la cantidad de Zr es preferiblemente del 0,05 % o más y más preferiblemente del 0,1 % o más. La adición excesiva de Zr deteriora la trabajabilidad. También, como el Zr es caro, la adición excesiva de Zr aumenta los costes. Por lo tanto, el contenido de Zr es preferiblemente 0,3 % o menos.

(Sn: 0,5 % o menos)

- 50 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Sn para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Sn tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Para obtener de manera estable el efecto debido a Sn, la cantidad de Sn es preferiblemente 0,02 % o más y más preferiblemente 0,05 % o más. Sin embargo, la adición excesiva de Sn deteriora la dureza. Por lo tanto, el contenido de Sn es preferiblemente 0,3 % o menos.

## ES 2 784 303 T3

(Co: 0,2 % o menos)

5 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,2 % o menos de Co para mejorar la trabajabilidad secundaria y la dureza. Para obtener de manera estable el efecto debido al Co, la cantidad de Co es preferiblemente 0,02 % o más y más preferiblemente 0,05 % o más. Sin embargo, la adición excesiva de Co aumenta los costes. Por lo tanto, el contenido de Co es preferiblemente del 0,15 % o menos.

(Mg: 0,002 % o menos)

10 Como el Mg tiene un efecto de desoxidación o similar, el Mg es un elemento útil para el refinado. También, el Mg tiene el efecto de mejorar la trabajabilidad y la dureza al refinar la estructura. Por lo tanto, según sea necesario, puede contener 0,002 % o menos de Mg. Para obtener de manera estable el efecto debido al Mg, la cantidad de Mg es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0005 % o más. Como el Mg deteriora la resistencia a la corrosión al formar sulfuros, el contenido de Mg es preferiblemente 0,0015 % o menos.

(Ca: 0,002 % o menos)

15 Como el Ca tiene un efecto de desoxidación o similar, el Ca es un elemento útil para el refinado y el 0,002 % o menos de Ca puede estar contenido según se requiera. Para obtener de manera estable el efecto debido al Ca, la cantidad de Ca es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0004 % o más. Como el Ca deteriora la resistencia a la corrosión al formar sulfuros, el contenido de Ca es preferiblemente 0,0015 % o menos.

(REM: 0,01 % o menos)

20 Según una definición general, REM (elementos de metales de tierras raras) es el término general de los elementos que consisten en 2 elementos de escandio (Sc) e itrio (Y) y 15 elementos (lantanoideos) desde lantano (La) hasta lutecio (Lu). Se puede agregar REM solo o se puede agregar una mezcla de los mismos. Como REM tiene un efecto de desoxidación o similar, REM es un elemento útil para el refinado. Según sea necesario, puede contener 0,01 % o menos de REM. Para obtener de manera estable el efecto debido a REM, la cantidad de REM es preferiblemente del 0,0005 % o más y más preferiblemente del 0,001 % o más. Dado que la adición de REM aumenta los costes, el contenido REM es preferiblemente 0,008 % o menos.

25 (Sb: 0,5 % o menos)

30 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Sb para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Sb tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de Sb deteriora la dureza. Para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Sb es preferiblemente 0,001 % o más, más preferiblemente, 0,01 % o más, y aún más preferiblemente 0,05 % o más. Además, el límite superior del contenido de Sb es 0,5 % y preferiblemente 0,3 %.

(Ta: 0,5 % o menos)

35 Según sea necesario, puede estar contenido un 0,5 % o menos de Ta para mejorar la resistencia a la corrosión. Particularmente, con respecto a la resistencia a la corrosión del agua condensada de gases de escape y la resistencia a la corrosión al daño por sal de la superficie exterior, que son necesarias para los intercambiadores de calor que son aplicaciones previstas de la realización, el Ta tiene el efecto de mejorar la resistencia a la penetración. Sin embargo, la adición excesiva de Ta deteriora la dureza. Para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Ta es preferiblemente 0,01 % o más, más preferiblemente, 0,05 % o más, y aún más preferiblemente 0,1 % o más. Además, el límite superior del contenido de Ta es 0,5 % y preferiblemente 0,4 %.

40 (Ga: 0,01 % o menos)

45 Como el Ga forma sulfuros estables para mejorar la resistencia a la corrosión y la resistencia a la fragilidad por hidrógeno, puede estar contenido un 0,01 % o menos de Ga según se requiera. Para obtener el efecto descrito anteriormente, el contenido de Ga es preferiblemente 0,0002 % o más y más preferiblemente 0,0005 % o más. Además, el límite superior del contenido de Ga es 0,01 % y preferiblemente 0,005 %.

Entre las impurezas inevitables, desde el punto de vista de la soldabilidad, la cantidad de P es 0,04 % o menos y más preferiblemente 0,035 % o menos.

Además, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, la cantidad de S se establece en 0,02 % o menos y más preferiblemente, se establece en 0,01 % o menos.

50 El acero inoxidable de la realización se produce básicamente mediante un método general de producción de un acero inoxidable ferrítico. Por ejemplo, se produce un acero fundido con la composición química descrita anteriormente en un convertidor o un horno eléctrico, el acero fundido se refina en un horno AOD, un horno VOD o similar, y luego se produce una plancha mediante un método de colada continua o un método de fabricación de lingotes. A continuación,

los procesos de laminado en caliente-recocido de laminado en caliente-laminado en frío-laminado en frío-recocido de acabado-decapado se realizan en la plancha para producir una chapa de acero. Según sea necesario, se puede omitir el recocido de una chapa de acero laminada en caliente, y se pueden realizar repetidamente procesos de laminado en frío-recocido de acabado-decapado.

- 5 Entre los procesos descritos en el presente documento, para formar la película que tiene la composición definida en la realización en la superficie, es preferible que se consideren las condiciones para el recocido de acabado y el decapado. Particularmente, en el proceso de recocido de acabado y el proceso de decapado, es preferible que se inhiba la formación de óxidos de Si y óxidos de Al que deterioran la soldabilidad.

- 10 En la realización, el proceso de decapado puede realizarse combinando una pluralidad de procesos. Específicamente, un método de sal o un método de electrólisis de sal neutra se realiza como un primer proceso, y la electrólisis de ácido nítrico se realiza como un segundo proceso. La inmersión en ácido nítrico fluorhídrico se incluye como un tercer proceso en algunos casos. Adicionalmente, como el segundo proceso, se puede realizar inmersión en ácido nítrico fluorhídrico.

- 15 Tal como se ha descrito anteriormente, en el proceso de decapado, el método de la sal es particularmente útil para eliminar óxidos de Si y es efectivo para aumentar la temperatura y el tiempo. De estos, en el caso de que el equipo sea el mismo, un mayor tiempo reduce la velocidad de una línea. Esto conduce a una disminución de la temperatura del material antes de la inmersión en un tanque de sal y también conduce a un deterioro de la productividad.

- 20 En cuanto a la temperatura en el método de sal, como se sabe que el deterioro de la sal se produce a una temperatura de 530 °C o superior, normalmente, la chapa de acero se sumerge en la sal que tiene una temperatura de aproximadamente 450 °C a 480 °C. Sin embargo, para eliminar efectivamente los óxidos de Si, la temperatura en el método de sal se establece para que sea más alta en la realización en comparación con un método convencional. Específicamente, la temperatura de la sal es preferiblemente 490 °C o más y es efectiva para ser 500 °C o más. La chapa de acero se sumerge de forma deseable en la sal a una temperatura de 500 °C a 530 °C.

- 25 El tiempo de inmersión en la sal es de forma deseable 2 segundos o más y 10 segundos o menos. Sin embargo, un aumento en la temperatura de la sal conduce fácilmente al deterioro de las propiedades de la superficie y un acero inoxidable que tiene un mayor contenido de Cr se deteriora más fácilmente. Por lo tanto, es deseable que la temperatura de la sal y el tiempo de inmersión satisfagan  $T \times (10t + 2 [\text{Cr}])/100 \leq 600$  (en esta ocasión, T representa la temperatura (°C), t representa el tiempo de inmersión (s), y [Cr] representa un contenido de Cr (% en masa)).

- 30 Tal como se ha descrito anteriormente, el método de sal en el proceso de decapado es el más útil para suprimir la concentración de óxidos de Si. En esta realización, para suprimir la cantidad de escamas generadas, incluidos los óxidos de Si, es deseable que la temperatura de recocido de acabado se reduzca. Generalmente, la temperatura de recocido de acabado se selecciona según la composición química del material, propiedades mecánicas requeridas, o similares. En la realización, es eficaz y deseable reducir la temperatura de recocido de acabado en 5 °C a 20 °C por debajo de una temperatura de recocido de acabado típica que se selecciona para obtener las propiedades mecánicas deseadas. Específicamente, la temperatura de recocido de acabado es de forma deseable 1.000 °C o inferior y de forma más deseable 970 °C a 990 °C. La temperatura límite inferior de la temperatura de recocido de acabado puede ser una temperatura a la que una chapa laminada en frío se somete a recocido de acabado para tener una estructura metalográfica que tiene una estructura de recristalización y se proporcionan propiedades mecánicas deseables.

- 40 Finalmente, se describirá una pieza del sistema de suministro de combustible de la realización. La pieza del sistema de suministro de combustible de la realización incluye un elemento unido mediante soldadura fuerte. El elemento está compuesto por el acero inoxidable ferrítico de la realización que tiene forma de placa, una forma tubular, una forma de varilla, o similar, o un producto procesado de la misma. El elemento de la realización puede corresponder a una pieza configurada por un gran número de elementos y que tiene una forma complicada ya que el elemento se ensambla mediante soldadura fuerte.

- 45 En la soldadura fuerte, como material de aporte de la soldadura fuerte, es preferible utilizar un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu y/o un metal de aporte de la soldadura fuerte de Ni. De estos, con respecto al metal de aporte de la soldadura fuerte de Ni, es preferible utilizar un metal de aporte de la soldadura fuerte de aleación de Ni que contenga Cr y Si.

- 50 En el proceso de producción del elemento compuesto por el acero inoxidable de la realización, para reducir una película de óxido presente en la superficie del acero inoxidable en el momento de la soldadura fuerte, la soldadura fuerte se realiza bajo la condición de un alto grado de vacío o un bajo punto de rocío. Específicamente, la soldadura fuerte se realiza bajo la condición de un mayor grado de vacío o un punto de rocío más bajo que aquel en el que Cr y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> están en equilibrio a una temperatura fuerte. La soldadura fuerte se puede realizar bajo las condiciones de, por ejemplo, una temperatura de 950 °C a 1.200 °C y un tiempo de mantenimiento de aproximadamente 10 minutos a 30 minutos en atmósfera de vacío o atmósfera de hidrógeno. En el momento de la soldadura fuerte, se puede usar como gas para el control de la atmósfera o la sustitución de la atmósfera, gas argón, gas nitrógeno o similar.

- 55 minutos en atmósfera de vacío o atmósfera de hidrógeno. En el momento de la soldadura fuerte, se puede usar como gas para el control de la atmósfera o la sustitución de la atmósfera, gas argón, gas nitrógeno o similar.

## Ejemplos

En lo sucesivo en el presente documento, los efectos de la presente invención se explican más claramente por referencia a los Ejemplos. La presente invención no se limita a los siguientes Ejemplos, y las modificaciones se pueden hacer e implementar apropiadamente sin apartarse de las características de la invención.

5 (Ejemplo 1)

Se fundieron 30 kg de aceros fundidos con las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1 en un horno de fusión al vacío para preparar 17 kg de lingotes de acero plano. A continuación, los lingotes se sometieron a laminación en caliente a una temperatura de calentamiento de 1.200 °C para obtener chapas de acero laminadas en caliente con un grosor de 4,5 mm. Las chapas de acero laminadas en caliente se sometieron a recocido a una temperatura de 950 °C y luego se eliminaron las escamas mediante granallado con alúmina. Luego, las chapas de acero se sometieron a laminación en frío para tener un grosor de 1 mm. Después de eso, las chapas de acero se sometieron a un recocido de acabado y las escamas se eliminaron mediante un método de sal e inmersión en ácido nítrico fluorhídrico.

La temperatura de recocido de acabado se ajustó a las temperaturas que se muestran en la Tabla 1 y el tiempo de mantenimiento se ajustó a 1 minuto.

15 Como método de sal, se aplicó un método para calentar una sal alcalina descalcificante disponible comercialmente que contiene principalmente NaOH y sumergir una chapa de acero en la sal alcalina y la temperatura de calentamiento se ajustó a las temperaturas que se muestran en la Tabla 1 y el tiempo de inmersión se ajustó a 5 segundos.

En la inmersión en ácido nítrico fluorhídrico, se usó una solución al 3 % de HF-10 % de HNO<sub>3</sub> calentada a 55 °C y las chapas de acero se sumergieron en la solución durante 10 segundos. Las chapas de acero laminadas en frío obtenidas de este modo (Aceros de la invención 1-1 a 1-12 y Aceros comparativos 1-1 a 1-5) se usaron para evaluar las capacidades de dispersión de aporte de la soldadura fuerte y analizar la película superficial del material.

[Habilidades de dispersión de aporte de la soldadura fuerte]

Se tomaron muestras de tres chapas de acero con un ancho de 40 mm y una longitud de 40 mm de cada una de las chapas de acero laminadas en frío y se desengrasaron usando una solución orgánica. A continuación, se pusieron 0,5 g de un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu puro (BCu-1) en el centro de la chapa de acero y las chapas de acero se colocaron en un horno de vacío para calentar las chapas de acero a 1130 °C durante 10 minutos. El grado de vacío fue de aproximadamente 50 Pa. Las chapas de acero se enfriaron después del calentamiento y se midió el tamaño del metal de aporte de la soldadura fuerte. Del resultado de medir el tamaño del metal de aporte de la soldadura fuerte, se obtuvo el área del metal de aporte de la soldadura fuerte para calcular un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte mediante la siguiente expresión.

**Coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte = área del metal de aporte de la soldadura fuerte después del tratamiento térmico/área inicial del metal de aporte de la soldadura fuerte**

En la Tabla 2, se muestran los coeficientes de dispersión de aporte de la soldadura fuerte. En esta ocasión, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte es un valor promedio de las tres chapas de acero. En la realización, un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte de 2 o más es bueno y un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte de 4 o más es además excelente.

[Análisis de la película superficial del material]

La película superficial del material se analizó mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS por sus siglas en inglés). Un aparato de XPS fue fabricado por ULVAC-PHI, Inc. La XPS se realizó utilizando rayos mono-AlK $\alpha$  como fuente de rayos X en las condiciones en que el diámetro del haz de un rayo X era de aproximadamente 100  $\mu$ m y su ángulo de salida era de 45 grados y 90 grados. A partir del resultado del análisis cuantitativo de la superficie más externa por el XPS, se obtuvieron la fracción catiónica de Cr, Cr<sub>f</sub>, la fracción catiónica de Si, Si<sub>f</sub> y la fracción catiónica de Al, Al<sub>f</sub>. En esta ocasión, los cationes son solo para elementos metálicos. Además, el grosor d<sub>f</sub> de la película de óxido se obtuvo por un método de resolución angular.

En la Tabla 2, el grosor d<sub>f</sub> de la película de óxido, la fracción catiónica de Cr, Cr<sub>f</sub>, se muestran la fracción catiónica de Si, Si<sub>f</sub> y la fracción catiónica de Al, Al<sub>f</sub> y el valor de d<sub>f</sub> x Cr<sub>f</sub> + 5 (Si<sub>f</sub> + 3Al<sub>f</sub>) (valor A).

Como se muestra en la Tabla 2, en los Ejemplos de la invención en los que el valor de d<sub>f</sub> x Cr<sub>f</sub> + 5 (Si<sub>f</sub> + 3Al<sub>f</sub>) es 2,0 o menos, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte es 2 o más y la soldabilidad fuerte es excelente.

50 Como se muestra en los ejemplos comparativos, en el caso donde el valor de d<sub>f</sub> x Cr<sub>f</sub> + 5 (Si<sub>f</sub> + 3Al<sub>f</sub>) es más de 2,0, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte es menor que 2 y se deteriora la soldabilidad.

Se observa que aunque el Acero de la invención 1-3 y el Acero comparativo 1-1 tenían composiciones químicas

similares, los coeficientes de dispersión de aporte de la soldadura fuerte fueron diferentes. Esto es porque la fracción catiónica de Si, Si<sub>r</sub> en la película era alta y el valor de  $d_r \times Cr_f + 5 (Si_r + 3Al_f)$  fue superior a 2,0 en el Acero comparativo 1-1 en comparación con el Acero de la invención 1-3. Se considera que la temperatura de la sal era baja y, por lo tanto, los óxidos de Si formados en el proceso de recocido no se eliminaron, sino que se concentraron en el Acero comparativo 1-1 en comparación con el Acero de la invención 1-3.

5

Aunque el Acero comparativo 1-5 y el Acero de la invención 1-1 tenían la misma composición química, en el Acero comparativo 1-5, la temperatura de recocido se incrementó y la temperatura de la sal se redujo y, por lo tanto, el valor de  $d_r \times Cr_f + 5 (Si_r + 3Al_f)$  fue superior a 2,0, Por lo tanto, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte se redujo considerablemente en el Acero comparativo 1-5, en comparación con el Acero de la invención 1-1. Se considera que esto se debe principalmente a que en el Acero comparativo 1-5, los óxidos de Si formados en el proceso de recocido no se eliminaron, sino que se concentraron.

10

Tabla 1

			Composición química (% en masa)												
			C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ni	Cu	Mo	Otros
Ejemplo de la invención	1-1	Acero de la invención 1-1	0,010	0,015	0,50	0,09	0,026	0,0008	19,37	0,38	0,022	0,29	0,44	-	-
Ejemplo de la invención	1-2	Acero de la invención 1-2	0,008	0,011	0,43	0,13	0,029	0,0033	21,58	0,36	0,024	-	0,42	0,79	
Ejemplo de la invención	1-3	Acero de la invención 1-3	0,007	0,009	0,17	0,18	0,022	0,0018	19,41	0,48	0,021	0,19	0,46	1,96	
Ejemplo de la invención	1-4	Acero de la invención 1-4	0,006	0,009	0,93	0,26	0,021	0,0010	14,08	0,43	0,075	-	-	-	
Ejemplo de la invención	1-5	Acero de la invención 1-5	0,007	0,011	0,22	1,18	0,035	0,0018	17,84	0,44	0,003	-	-	2,05	
Ejemplo de la invención	1-6	Acero de la invención 1-6	0,006	0,012	0,32	0,34	0,025	0,0003	27,84	0,21	0,002	-	-	-	
Ejemplo de la invención	1-7	Acero de la invención 1-7	0,018	0,017	0,39	0,48	0,026	0,0015	16,47	0,56	0,010	0,32	0,25	-	0,18Sn
Ejemplo de la invención	1-8	Acero de la invención 1-8	0,006	0,009	0,19	0,19	0,020	0,0010	17,25	0,46	0,029	-	-	-	0,92W, 0,002REM

Nota: los valores subrayados están fuera del intervalo de la presente invención.

15

Tabla 1 (Continuación 1)

			Composición química (% en masa)												
			C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ni	Cu	Mo	Otros
Ejemplo de la invención	1-9	Acero de la invención 1-9	0,008	0,012	0,21	0,20	0,020	0,0008	15,22	0,42	0,048	-	-	-	0,12 V, 0,0002Mg
Ejemplo de la invención	1-10	Acero de la invención 1-10	0,007	0,015	0,12	0,08	0,026	0,0007	17,45	0,35	0,018	-	-	1,05	0,1 Sn, 0,0005Ca, 0,0004B
Ejemplo de la invención	1-11	Acero de la invención 1-11	0,012	0,016	0,22	0,22	0,020	0,0010	14,19	0,41	0,089	-	-	-	0,07Zr, 0,05Co

ES 2 784 303 T3

			Composición química (% en masa)												
			C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ni	Cu	Mo	Otros
Ejemplo de la invención	1-12	Acero de la invención 1-12	0,008	0,010	0,21	0,23	0,022	0,0009	17,18	0,43	0,024	-	-	-	0,11 Sb, 0,21 Ta, 0,003Ga
Ejemplo comparativo	1-12	Acero comparativo 1-1	0,005	0,009	0,16	0,19	0,029	0,0007	19,41	0,48	0,034	0,17	0,47	1,90	-
Ejemplo comparativo	1-13	Acero comparativo 1-2	0,007	0,013	0,35	0,35	0,024	0,0005	<u>29,12</u>	0,25	0,009	-	-	-	-
Ejemplo comparativo	1-14	Acero comparativo -3	0,007	0,011	1,37	0,27	0,022	0,0011	14,16	0,45	0,064	-	-	-	-
Ejemplo comparativo	1-15	Acero comparativo 1-4	0,006	0,014	0,34	0,32	0,031	0,0008	20,05	0,29	<u>0,12</u>	-	-	-	-
Ejemplo comparativo	1-16	Acero comparativo 1-5	0,010	0,015	0,50	0,09	0,026	0,0008	19,37	0,38	0,022	0,29	0,44	-	-

Nota: los valores subrayados están fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 1 (Continuación 2)

			Temperatura de recocido de acabado (°C)	Temperatura del método de sal (°C)
Ejemplo de la invención	1-1	Acero de la invención 1-1	980	510
Ejemplo de la invención	1-2	Acero de la invención 1-2	980	510
Ejemplo de la invención	1-3	Acero de la invención 1-3	990	510
Ejemplo de la invención	1-4	Acero de la invención 1-4	1010	520
Ejemplo de la invención	1-5	Acero de la invención 1-5	970	510
Ejemplo de la invención	1-6	Acero de la invención 1-6	970	500
Ejemplo de la invención	1-7	Acero de la invención 1-7	1030	500
Ejemplo de la invención	1-8	Acero de la invención 1-8	990	510
Ejemplo de la invención	1-9	Acero de la invención 1-9	980	500
Ejemplo de la invención	1-10	Acero de la invención 1-10	980	510
Ejemplo de la invención	1-11	Acero de la invención 1-11	980	500
Ejemplo de la invención	1-12	Acero de la invención 1-12	990	510
Ejemplo comparativo	1-12	Acero comparativo 1-1	990	470
Ejemplo comparativo	1-13	Acero comparativo 1-2	980	500
Ejemplo comparativo	1-14	Acero comparativo 1-3	1030	490
Ejemplo comparativo	1-15	Acero comparativo 1-4	970	500
Ejemplo comparativo	1-16	Acero comparativo 1-5	1010	470

Nota: los valores subrayados están fuera del intervalo de la presente invención,

Tabla 2

		Soldabilidad	Película superficial				
		Coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte	d <sub>f</sub> /nm	Cr <sub>f</sub>	Si <sub>f</sub>	Al <sub>f</sub>	A
Acero de la invención 1-1	1-1	3,9	4,1	0,37	-	-	1,5
Acero de la invención 1-2	1-2	2,2	4,8	0,39	-	-	1,9
Acero de la invención 1-3	1-3	2,3	5,4	0,33	-	-	1,8
Acero de la invención 1-4	1-4	7,2	4,9	0,20	0,04	0,01	1,3
Acero de la invención 1-5	1-5	3,0	4,1	0,39	-	-	1,6
Acero de la invención 1-6	1-6	2,1	3,7	0,49	-	-	1,8
Acero de la invención 1-7	1-7	4,2	4,5	0,33	-	-	1,5
Acero de la invención 1-8	1-8	5,1	6,6	0,20	-	-	1,3
Acero de la invención 1-9	1-9	6,4	5,1	0,25	-	-	1,3
Acero de la invención 1-10	1-10	2,9	4,5	0,35	-	-	1,6
Acero de la invención 1-11	1-11	5,4	4,7	0,22	-	0,02	1,3
Acero de la invención 1-12	1-12	4,8	6,2	0,22	-	-	1,4
Acero comparativo 1-1	1-12	1,1	5,0	0,26	0,21	-	<u>2,4</u>
Acero comparativo 1-2	1-13	1,4	4,0	0,58	-	-	<u>2,3</u>
Acero comparativo 1-3	1-14	1,6	5,5	0,19	0,22	0,07	<u>3,2</u>
Acero comparativo 1-4	1-15	1,0	4,7	0,38	-	0,14	<u>3,9</u>
Acero comparativo 1-5	1-16	1,4	4,6	0,30	0,17	-	<u>2,2</u>

$$A = d_f \times Cr_f + 5(Si_f + 3Al_f)$$

El símbolo "-" en el resultado del análisis de la película superficial indica un valor igual o menor que un límite de detección.

5

(Ejemplo 2)

Se fundieron 30 kg de aceros fundidos con las composiciones químicas mostradas en la Tabla 3 en un horno de fusión

5 al vacío para preparar 17 kg de lingotes de acero plano. A continuación, los lingotes se sometieron a laminación en caliente a una temperatura de calentamiento de 1.200 °C para obtener chapas de acero laminadas en caliente con un grosor de 4,5 mm. Las chapas de acero laminadas en caliente se sometieron a recocido a una temperatura de 950 °C y luego se eliminaron las escamas mediante granallado con alúmina. Después, las chapas de acero se sometieron a laminación en frío para tener un grosor de 1 mm. Después de eso, las chapas de acero se sometieron a un recocido de acabado y las escamas se eliminaron (encurtieron) por un método de sal y se sumergieron en ácido nítrico fluorhídrico.

La temperatura de recocido de acabado se ajustó a las temperaturas que se muestran en la Tabla 4 y el tiempo de mantenimiento se ajustó a 1 minuto.

10 Como método de sal, se aplicó un método para calentar una sal alcalina descalcificante disponible comercialmente que contiene principalmente NaOH y sumergir una chapa de acero en la sal alcalina y la temperatura de calentamiento se ajustó a las temperaturas que se muestran en la Tabla 4 y el tiempo de inmersión se ajustó a 5 segundos.

En la inmersión en ácido nítrico fluorhídrico, se usó una solución al 3 % de HF-10 % de HNO<sub>3</sub> calentada a 55 °C y las chapas de acero se sumergieron en la solución durante 10 segundos.

15 Las chapas de acero laminadas en frío obtenidas de este modo (Aceros de la invención 2-1 a 2-12 y Aceros comparativos 2-1 a 2-7) se usaron para evaluar la fuerza, la resistencia a la corrosión y la capacidad de dispersión de aporte de la soldadura fuerte y análisis de la película superficial del material. El Acero de la invención 2-4 tiene la misma composición que la del ejemplo comparativo 2-6.

[Ensayo de tracción (fuerza) a temperatura ambiente]

20 Se tomó una muestra de una pieza de ensayo de JIS 13B de cada una de las chapas de acero laminadas en frío en una dirección L y la pieza de ensayo se sometió a un ensayo de tracción a temperatura ambiente. Los valores de tensión de ensayo del 0,2 % obtenidos se muestran en la Tabla 4.

[Ensayo de corrosión]

25 Se realizó un ensayo de corrosión bajo la condición en la que se simuló biocombustible degradado por oxidación. Se tomaron muestras de dos piezas de ensayo con un ancho de 25 mm y una longitud de 100 mm de cada una de las chapas de acero laminadas en frío y se desengrasaron usando un disolvente orgánico. Como soluciones de ensayo, las soluciones acuosas en las cuales la cantidad de ácido fórmico fue del 0,1 %, la cantidad de ácido acético fue del 1 %, y se disolvió NaCl para establecer la concentración de iones Cl en 100 ppm. La temperatura de ensayo se ajustó a 95 °C y el tiempo de ensayo se ajustó a 168 h. Las condiciones de ensayo distintas a las descritas anteriormente se establecieron según JASO-M611-92-A.

35 Los productos de corrosión después del ensayo de corrosión se eliminaron y luego se midió la pérdida de masa por corrosión de cada pieza de ensayo y se observó la presencia de corrosión local. La pérdida de masa por corrosión se calculó a partir de variaciones en la masa antes y después del ensayo. La presencia de corrosión local se determinó de la siguiente manera observando las superficies completas de la pieza de ensayo usando un microscopio óptico. Es decir, 10 μm es un límite de detección del valor de la profundidad de corrosión obtenida al medirse utilizando un método de profundidad focal. Un caso en el que se detectó un punto de corrosión con una profundidad de más de 10 μm se definió como "presencia de corrosión local", y un caso en el que no se detectó un punto de corrosión con una profundidad de más de 10 μm se definió como "ausencia de corrosión local".

40 Un caso en el que al menos una de las dos piezas de ensayo tuvo una pérdida de masa por corrosión de 0,5 g m<sup>-2</sup> o más, que era equivalente a un límite de detección, y/o la corrosión local estaba presente en al menos una de las dos piezas de ensayo se determinó que era un fracaso (x). Además, un caso en el que las dos piezas de ensayo tuvieron una pérdida de masa por corrosión de menos de 0,5 g m<sup>-2</sup> y no se observó corrosión local se determinó que era un apto (o). Los resultados se muestran en la Tabla 4.

[Habilidades de dispersión de aporte de la soldadura fuerte]

45 Se tomaron muestras de tres chapas de acero con un ancho de 40 mm y una longitud de 40 mm de cada una de las chapas de acero laminadas en frío y se desengrasaron usando una solución orgánica. A continuación, se pusieron 0,5 g de un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu puro (BCu-1) en el centro de las chapas de acero y las chapas de acero se colocaron en una cámara de vacío para calentar las chapas de acero a 1130 °C durante 10 minutos. El grado de vacío fue de aproximadamente 50 Pa. Las chapas de acero se enfriaron después del calentamiento y se midió el tamaño del metal de aporte de la soldadura fuerte. Del resultado de medir el tamaño del metal de aporte de la soldadura fuerte, se obtuvo el área del metal de aporte de la soldadura fuerte para calcular un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte mediante la siguiente expresión.

Coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte =  $\frac{\text{área del metal de aporte de la soldadura fuerte después del tratamiento térmico}}{\text{área inicial}}$

del metal de aporte de la soldadura fuerte

5 En la Tabla 4, se muestran los coeficientes de dispersión de aporte de la soldadura fuerte. En esta ocasión, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte es un valor promedio de las tres chapas de acero. En la realización, un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte de 2 o más es bueno y un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte de 4 o más es además excelente.

[Análisis de la película superficial del material]

10 La película superficial del material se analizó mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS por sus siglas en inglés). Un aparato de XPS fue fabricado por ULVAC-PHI, Inc. La XPS se realizó utilizando rayos mono- $AlK\alpha$  como fuente de rayos X en las condiciones en que el diámetro del haz de un rayo X era de aproximadamente 100  $\mu m$  y su ángulo de salida era de 45 grados y 90 grados. A partir del resultado del análisis cuantitativo de la superficie más externa por el XPS, la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$ , la fracción catiónica de Si,  $Si_f$  y la fracción catiónica de Al,  $Al_f$  se obtuvieron. En esta ocasión, los cationes son solo para elementos metálicos. Además, el grosor  $d_f$  de la película de óxido se obtuvo por un método de resolución angular.

15 En la Tabla 4, el grosor  $d_f$  de la película de óxido, la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$ , se muestran la fracción catiónica de Si,  $Si_f$  y la fracción catiónica de Al,  $Al_f$  y el valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3Al_f)$  (valor A).

Como se muestra en la Tabla 4, en los ejemplos de invención 2-1 a 2-12, la tensión de ensayo del 0,2 % fue de 250 MPa o más y la corrosión no estuvo presente en el ensayo de corrosión bajo la condición en que se simuló el biocombustible degradado por oxidación. También, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte fue de 2 o más y la soldabilidad fue excelente.

20 En el ejemplo comparativo 2-1 en el que el contenido de Cr era inferior al 15 %, el valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3Al_f)$  fue de 2,0 o menos. Sin embargo, la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$  fue inferior a 0,18. El coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte fue de 2 o más, pero en el entorno en el que se simuló el biocombustible degradado por oxidación, la resistencia a la corrosión se deterioró.

25 En los ejemplos comparativos 2-2, 2-4 y 2-6 en los que el valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3Al_f)$  fue superior a 2,0, el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte fue inferior a 2 y la soldabilidad se deterioró.

En el Ejemplo comparativo 2-3, como el contenido de Cr era alto, el valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3Al_f)$  fue superior a 2,0, la fracción catiónica de Cr,  $Cr_f$  se incrementó y el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte fue menor que 2.

30 En el Ejemplo comparativo 2-5, como el contenido de Nb en la chapa de acero era bajo, la tensión de ensayo del 0,2 % fue inferior a 250 MPa y la fuerza se deterioró.

En el Ejemplo comparativo 2-7, como el contenido de Cr era alto, el valor de  $d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3Al_f)$  fue superior a 2,0 y el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte fue inferior a 2.

Tabla 3

		Composición química (% en masa)												
		C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ni	Cu	Mo	Otros
Ejemplo de la invención 2-1	Acero de la invención 2-1	0,009	0,015	0,48	0,48	0,032	0,0004	15,05	0,34	0,004	-	-	-	-
Ejemplo de la invención 2-2	Acero de la invención 2-2	0,011	0,018	0,38	0,29	0,024	0,0012	17,07	0,39	0,014	-	-	-	-
Ejemplo de la invención 2-3	Acero de la invención 2-3	0,013	0,011	0,11	0,12	0,019	0,0006	22,87	0,41	0,029	-	-	-	-
Ejemplo de la invención 2-4	Acero de la invención 2-4	0,010	0,015	0,50	0,09	0,026	0,0008	19,37	0,38	0,022	0,29	0,44	-	-
Ejemplo de la invención 2-5	Acero de la invención 2-5	0,008	0,011	0,43	0,13	0,029	0,0033	21,58	0,36	0,024	-	0,42	0,79	-

ES 2 784 303 T3

Ejemplo de la invención 2-6	Acero de la invención 2-6	0,007	0,009	0,17	0,18	0,022	0,0018	19,41	0,48	0,021	0,19	0,46	1,96	-
Ejemplo de la invención 2-7	Acero de la invención 2-7	0,007	0,011	0,22	1,18	0,035	0,0018	17,84	0,44	0,003	-	-	2,05	-
Ejemplo de la invención 2-8	Acero de la invención 2-8	0,006	0,009	0,19	0,19	0,020	0,0010	17,25	0,46	0,029	-	-	-	0,92W, 0,002REM
Ejemplo de la invención 2-9	Acero de la invención 2-9	0,008	0,012	0,21	0,20	0,020	0,0008	15,22	0,42	0,048	-	-	-	0,12V, 0,0002Mg
Ejemplo de la invención 2-10	Acero de la invención 2-10	0,007	0,015	0,12	0,08	0,026	0,0007	17,45	0,35	0,018	-	-	1,05	0,1 Sn, 0,0005Ca, 0,0004B

Nota: los valores subrayados están fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 3 (Continuación 1)

		Composición química (% en masa)												
		C	N	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Ni	Cu	Mo	Otros
Ejemplo de la invención 2-11	Acero de la invención 2-11	0,008	0,008	0,15	0,15	0,025	0,0044	15,14	0,25	0,002	-	-	-	0,11Zr, 0,06Co
Ejemplo de la invención 2-12	Acero de la invención 2-12	0,008	0,010	0,21	0,23	0,022	0,0009	17,18	0,43	0,024	-	-	-	0,11Sb, 0,21 Ta, 0,003Ga
Ejemplo Comparativo 2-1	Acero comparativo 2-1	0,006	0,009	0,93	0,26	0,021	0,0010	<u>14,88</u>	0,43	0,075	-	-	-	-
Ejemplo Comparativo 2-2	Acero comparativo 2-2	0,005	0,009	0,16	0,19	0,029	0,0007	19,41	0,48	0,034	0,17	0,47	1,90	-
Ejemplo Comparativo 2-3	Acero comparativo 2-3	0,007	0,013	0,35	0,35	0,024	0,0005	<u>29,12</u>	0,26	0,009	-	-	-	-
Ejemplo Comparativo 2-4	Acero comparativo 2-4	0,006	0,014	0,34	0,32	0,031	0,0008	20,05	0,29	<u>0,12</u>	-	-	-	-
Ejemplo Comparativo 2-5	Acero comparativo 2-5	0,004	0,006	0,11	0,07	0,016	0,0011	15,14	0,15	0,036	-	-	-	-
Ejemplo Comparativo 2-6	Acero comparativo 2-6	0,010	0,015	0,50	0,09	0,026	0,0008	19,37	0,38	0,022	0,29	0,44	-	-
Ejemplo Comparativo 2-7	Acero comparativo 2-7	0,011	0,013	0,12	0,14	0,023	0,0005	<u>23,14</u>	0,40	0,032	-	-	-	-

Nota: los valores subrayados están fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 3 (Continuación 2)

		Composición química (% en masa)
		8(C+N)+0,1
Ejemplo de la invención 2-1	Acero de la invención 2-1	0,29
Ejemplo de la invención 2-2	Acero de la invención 2-2	0,33
Ejemplo de la invención 2-3	Acero de la invención 2-3	0,29
Ejemplo de la invención 2-4	Acero de la invención 2-4	0,30
Ejemplo de la invención 2-5	Acero de la invención 2-5	0,25
Ejemplo de la invención 2-6	Acero de la invención 2-6	0,23
Ejemplo de la invención 2-7	Acero de la invención 2-7	0,24
Ejemplo de la invención 2-8	Acero de la invención 2-8	0,22
Ejemplo de la invención 2-9	Acero de la invención 2-9	0,26
Ejemplo de la invención 2-10	Acero de la invención 2-10	0,28
Ejemplo de la invención 2-11	Acero de la invención 2-11	0,23
Ejemplo de la invención 2-12	Acero de la invención 2-12	0,24
Ejemplo Comparativo 2-1	Acero comparativo 2-1	0,22
Ejemplo Comparativo 2-2	Acero comparativo 2-2	0,21
Ejemplo Comparativo 2-3	Acero comparativo 2-3	0,26
Ejemplo Comparativo 2-4	Acero comparativo 2-4	0,26
Ejemplo Comparativo 2-5	Acero comparativo 2-5	0,18
Ejemplo Comparativo 2-6	Acero comparativo 2-6	0,30
Ejemplo Comparativo 2-7	Acero comparativo 2-7	0,29

Nota: los valores subrayados están fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 4

	Película superficial					Tracción a temperatura ambiente	Ensayo de corrosión	Soldabilidad	Temperatura de recocido de acabado (°C)	Temperatura del método de sal (°C)
	d <sub>f</sub> /nm	Cr <sub>f</sub>	Sir	Al <sub>f</sub>	A	0,2 tensión de prueba (MPa)		Coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte		
Ejemplo de la invención 2-1	6,7	0,20	-	-	1,3	270	○	7,1	970	500
Ejemplo de la invención 2-2	5,3	0,22	-	-	1,2	312	○	6,9	970	500
Ejemplo de la invención 2-3	4,1	0,46	-	-	1,9	325	○	2,1	990	510
Ejemplo de la invención 2-4	4,1	0,37	-	-	1,5	315	○	3,9	980	510
Ejemplo de la invención 2-5	4,8	0,39	-	-	1,9	326	○	2,2	980	510
Ejemplo de la invención 2-6	5,4	0,33	-	-	1,8	364	○	2,3	990	510
Ejemplo de la invención 2-7	4,1	0,39	-	-	1,6	352	○	3,0	970	510
Ejemplo de la invención 2-8	6,6	0,20	-	-	1,3	343	○	5,1	990	510
Ejemplo de la invención 2-9	5,1	0,25	-	-	1,3	289	○	6,4	980	500

	Película superficial					Tracción a temperatura ambiente	Ensayo de corrosión	Soldabilidad	Temperatura de recocido de acabado (°C)	Temperatura del método de sal (°C)
	d <sub>f</sub> /nm	Cr <sub>f</sub>	Si <sub>f</sub>	Al <sub>f</sub>	A	0,2 tensión de prueba (MPa)		Coefficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte		
Ejemplo de la invención 2-10	4,5	0,35	-	-	1,6	278	○	2,9	980	510

[Ensayo de corrosión] ○: paso, y ×: fracaso

[Película superficial]  $A = d_f \times Cr_f + 5(Si_f + 3 Al_f)$ , y el símbolo "-" indica un valor que es igual o menor que un límite de detección.

5

Tabla 4 (Continuación)

	Película superficial					Tracción a temperatura ambiente	Ensayo de corrosión	Soldabilidad	Temperatura de recocido de acabado (°C)	Temperatura del método de sal (°C)
	d <sub>f</sub> /nm	Cr <sub>f</sub>	Si <sub>f</sub>	Al <sub>f</sub>	A	0,2 tensión de prueba (MPa)		Coefficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte		
Ejemplo de la invención 2-11	5,9	0,21	-	-	1,2	258	○	6,8	990	500
Ejemplo de la invención 2-12	6,2	0,22	-	-	1,4	339	○	4,8	990	510
Ejemplo Comparativo 2-1	4,9	<u>0,17</u>	0,04	0,01	1,2	295	×	7,2	1010	520
Ejemplo Comparativo 2-2	5,0	0,26	0,21	-	<u>2,4</u>	359	○	1,1	990	470
Ejemplo Comparativo 2-3	4,0	<u>0,58</u>	-	-	<u>2,3</u>	333	○	1,4	980	500
Ejemplo Comparativo 2-4	4,7	0,38	-	0,14	<u>3,9</u>	325	○	1,0	970	500
Ejemplo Comparativo 2-5	5,4	0,20	-	-	1,1	234	○	7,5	930	500
Ejemplo Comparativo 2-6	4,6	0,30	0,17	-	<u>2,2</u>	305	○	1,4	1010	470
Ejemplo Comparativo 2-7	4,4	0,50	-	-	<u>2,2</u>	321	○	1,4	1010	490

[Ensayo de corrosión] ○: paso, y ×: fracaso

[Película superficial]  $A = d_f \times Cr_f + 5(Si_f + 3 Al_f)$ , y el símbolo indica un valor que es igual o menor que un límite de detección.

## 10 Aplicabilidad industrial

La chapa de acero inoxidable ferrítico según la primera realización que tiene una excelente soldabilidad se usa adecuadamente como material para un elemento unido mediante soldadura fuerte, como piezas de automóviles como, por ejemplo, un enfriador de EGR, un enfriador de aceite, un dispositivo de recuperación de calor de escape, y una pieza del sistema de suministro de combustible, e intercambiadores de calor tal como un intercambiador de calor secundario de un suministro de agua caliente de tipo de recuperación de calor latente por gas, un intercambiador de calor de tipo de placa de un suministro de agua caliente de tipo de bomba de calor refrigerante de CO<sub>2</sub> (comúnmente conocido como EcoCute (marca registrada)), y varios tipos de intercambiadores de calor de tipo de placa.

15

5 El acero inoxidable ferrítico según la segunda realización se usa adecuadamente para las piezas del sistema de suministro de combustible para automóviles, particularmente, las piezas del sistema de suministro de combustible del motor de inyección directa en las que la pulsación resultante de las variaciones en la presión del combustible se genera fácilmente y es aplicable independientemente de la región. El acero inoxidable ferrítico según la segunda realización se usa particularmente de manera adecuada para piezas, tal como una tubería de descarga, una pieza de la bomba de combustible y una pieza de ajuste de presión de combustible, que se disponen en la proximidad de un motor, usadas bajo un ambiente de alta presión, y fácilmente calentadas a alta temperatura, entre las piezas del sistema de suministro de combustible.

**REIVINDICACIONES**

1. Una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente soldabilidad que consiste en, % en masa:

C: 0,03 % o menos;

N: 0,05 % o menos;

5 Si: más del 0,1 % y 1 % o menos;

Mn: 1,2 % o menos;

Cr: 14 % o más y 28 % o menos;

Nb: 8(C+N) o más y 0,8 % o menos;

Al: 0,002 % o más y 0,1 % o menos;

10 P: 0,04 % o menos;

S: 0,02 % o menos; y

opcionalmente, uno o más seleccionados de

Ni: 0,1 % al 5 %,

Cu: 0,1 % al 1,5 %, y Mo: 0,1 % al 3 %, y

15 opcionalmente, uno o más seleccionados de

V: 0,05 % al 0,5 %,

W: 0,2 % al 1 %,

B: 0,0002 % al 0,005 %,

Zr: 0,05 % al 0,5 %,

20 Sn: 0,02 % al 0,5 %,

Co: 0,02 % al 0,2 %,

Mg: 0,0002 % al 0,002 %,

Ca: 0,0002 % al 0,002 %,

REM: 0,0005 % al 0,01 %,

25 Sb: 0,001 % al 0,5 %,

Ta: 0,01 % al 0,5 %, y

Ga: 0,0002 % al 0,01 %, y

siendo el resto Fe e impurezas inevitables,

en donde una película que satisface la expresión 1 se forma en una superficie de la misma,

30 
$$df \times Crf + 5(Sif + 3Alf) \leq 2,0 \dots \text{(Expresión 1)}$$

en la Expresión 1, df representa un grosor de la película en términos de nm, Crf representa una fracción catiónica de Cr en la película, Sif representa una fracción catiónica de Si en la película, y Alf representa una fracción catiónica de Al en la película, y

en donde la chapa de acero tiene un coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte de 2 o más,

35 en donde el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte se obtiene por un método que incluye:

desengrasar una chapa de acero que tiene un ancho de 40 mm y una longitud de 40 mm usando una solución orgánica;

poner 0,5 g de un metal de aporte de la soldadura fuerte de Cu puro en el centro de la chapa de acero;

## ES 2 784 303 T3

poner la chapa de acero en un horno de vacío y calentar la chapa de acero a 1130 °C durante 10 minutos en un vacío de aproximadamente 50 Pa;

enfriar la chapa de acero después del calentamiento;

5 medir el tamaño del metal de aporte de la soldadura fuerte para obtener el área del metal de aporte de la soldadura fuerte; y

calcular el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte mediante la siguiente expresión:

**coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte = área del metal de aporte de la soldadura fuerte después del tratamiento térmico /área inicial del metal de aporte de la soldadura fuerte,**

10 en donde el coeficiente de dispersión de aporte de la soldadura fuerte es un valor promedio de tres chapas de acero.

2. La chapa de acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 1, que comprende, % en masa:

uno o más seleccionados de

Ni: 0,1 % al 5 %,

Cu: 0,1 % al 1,5 %, y

15 Mo: 0,1 % al 3 %.

3. La chapa de acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 1 o 2, que comprende, % en masa:

uno o más seleccionados de

V: 0,05 % al 0,5 %,

W: 0,2 % al 1 %,

20 B: 0,0002 % al 0,005 %,

Zr: 0,05 % al 0,5 %,

Sn: 0,02 % al 0,5 %,

Co: 0,02 % al 0,2 %,

Mg: 0,0002 % al 0,002 %,

25 Ca: 0,0002 % al 0,002 %,

REM: 0,0005 % al 0,01 %,

Sb: 0,001 % al 0,5 %,

Ta: 0,01 % al 0,5 %, y

Ga: 0,0002 % al 0,01 %.

30 4. Un intercambiador de calor que comprende:

una sección de intercambio de calor que incluye un elemento unido mediante soldadura fuerte,

en donde el elemento está compuesto de la chapa de acero inoxidable ferrítico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

35 5. Uso de la chapa de acero inoxidable ferrítico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en intercambiadores de calor.

6. Un acero inoxidable ferrítico que consiste en, % en masa:

C: 0,03 % o menos;

N: 0,05 % o menos;

Si: más del 0,1 % y 1 % o menos;

Mn: 1,2 % o menos;

Cr: 15 % o más y 23 % o menos;

Nb:  $8(C + N) + 0,1$  % o más y 0,8 % o menos; y

Al: 0,002 % o más y 0,1 % o menos;

5 P: 0,04 % o menos;

S: 0,02 % o menos; y

opcionalmente, uno o más seleccionados de

Ni: 0,1 % al 2 %,

Cu: 0,1 % al 1,5 %, y

10 Mo: 0,1 % al 3 %, y

opcionalmente, uno o más seleccionados de

V: 0,05 % al 0,5 %,

W: 0,2 % al 1 %,

B: 0,0002 % al 0,005 %,

15 Zr: 0,05 % al 0,5 %,

Sn: 0,02 % al 0,5 %,

Co: 0,02 % al 0,2 %,

Mg: 0,0002 % al 0,002 %,

Ca: 0,0002 % al 0,002 %,

20 REM: 0,0005 % al 0,01 %,

Sb: 0,001 % al 0,5 %,

Ta: 0,01 % al 0,5 %, y

Ga: 0,0002 % al 0,01 %, y

siendo el resto Fe e impurezas inevitables,

25 en donde se forma una película que satisface las expresiones 2 y 3 en una superficie de la misma,

$$d_f \times Cr_f + 5 (Si_f + 3Al_f) \leq 2,0 \dots \text{(Expresión 2)}$$

$$0,18 \leq Cr_f \leq 0,5 \dots \text{(Expresión 3)}$$

30 en la Expresión 2,  $d_f$  representa un grosor de la película en términos de nm,  $Si_f$  representa una fracción catiónica de Si en la película, y  $Al_f$  representa una fracción catiónica de Al en la película, y en las expresiones 2 y 3,  $Cr_f$  representa una fracción catiónica de Cr en la película.

7. El acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 6, que comprende, % en masa:

uno o más seleccionados de

Ni: 0,1 % al 2 %,

Cu: 0,1 % al 1,5 %, y

35 Mo: 0,1 % al 3 %.

8. El acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 6 o 7, que comprende, % en masa:

uno o más seleccionados de

## ES 2 784 303 T3

V: 0,05 % al 0,5 %,

W: 0,2 % al 1 %,

B: 0,0002 % al 0,005 %,

Zr: 0,05 % al 0,5 %,

5 Sn: 0,02 % al 0,5 %,

Co: 0,02 % al 0,2 %,

Mg: 0,0002 % al 0,002 %,

Ca: 0,0002 % al 0,002 %,

REM: 0,0005 % al 0,01 %,

10 Sb: 0,001 % al 0,5 %,

Ta: 0,01 % al 0,5 %, y

Ga: 0,0002 % al 0,01 %.

9. Una pieza del sistema de suministro de combustible que comprende:

un elemento unido mediante soldadura fuerte,

15 en donde el elemento está compuesto del acero inoxidable ferrítico según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8.

10. Uso del acero inoxidable ferrítico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 en piezas del sistema de suministro de combustible.